L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE AU QUÉBEC : IDENTIFICATION DE PISTES POUR DÉVELOPPER CE MODÈLE D'INNOVATION POUR LES ENTREPRISES

Par
Mariane Maltais-Guilbault

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement de l'Université de Sherbrooke en vue de l'obtention du double diplôme de maîtrise en environnement et master en ingénierie et management en environnement et développement durable

sous la direction de
Hélène Gignac, directrice générale
Centre de transfert technologique en écologie industrielle

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT, UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

MASTER EN INGÉNIERIE ET MANAGEMENT DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES

Montréal, Québec, Canada, novembre 2011

SOMMAIRE

Mots-clés : écologie industrielle, approche systémique, territoire, innovation, développement économique, développement durable, collaboration interentreprises, outils méthodologiques, facteurs de décision

L'écologie industrielle est un outil pour échapper à l'approche linéaire proposée par notre système de consommation actuel. Cette approche multidisciplinaire qui étudie les flux de matières et d'énergie à l'échelle d'un système n'a pas de définition unique. Toutefois, il y a un consensus aujourd'hui quant à la priorité qui est accordée au bouclage des flux de matières et d'énergie lorsqu'on parle d'écologie industrielle.

La mise en œuvre de l'écologie industrielle sur un territoire permet de mettre en relation les entreprises et organisations qui s'y trouvent par l'entremise de synergies de substitution ou de mutualisation. Plusieurs projets fructueux sont déjà en place ailleurs dans le monde et particulièrement en Europe. L'objectif de cet essai est d'analyser les forces et les faiblesses qui favorisent l'intégration d'une démarche d'écologie industrielle afin d'accompagner le Centre de transfert technologique en écologie industrielle dans sa démonstration de la pertinence de l'écologie industrielle comme modèle d'innovation pour les entreprises québécoises.

Les résultats de recherche dans la littérature ont permis de faire ressortir les facteurs de décisions qui influencent les entreprises à participer à une démarche d'écologie industrielle ainsi que les forces et faiblesses qui ressortent de retours d'expérience de projets fructueux sur une variété de territoires. Ensuite, des discussions auprès d'intervenants des organismes de coordination de plusieurs de ces démarches ont favorisé une analyse critique ciblée sur le contexte québécois afin de pouvoir en tirer des recommandations tangibles s'adressant au Centre de transfert technologique en écologie industrielle afin d'atteindre l'objectif fixé préalablement.

Les recommandations, au nombre de sept, abordent la coordination d'une démarche d'écologie industrielle, l'approche auprès des entreprises, la communication à développer, le rôle des acteurs publics, l'évaluation des résultats, l'utilisation d'outils et les liens avec le milieu académique.

REMERCIEMENTS

La réalisation de cet essai n'aurait pu s'accomplir sans le support d'Hélène Gignac et d'Emmanuelle Géhin. Je les remercie pour leur enthousiasme et leur confiance, de même que pour leur jugement critique et la pertinence de leurs commentaires. J'ai grandement apprécié leur soutien tout au long de mon essai.

Je tiens également à remercier Cyril Adoue, Gilles Bernarding, Raymond Côté, David Flauhaut, Grégory Lannou, Peter Laybourn, Claude Maheux-Picard, Peggy Ricart, Paul Schalchli et Claude Tremblay, des intervenants travaillant dans le domaine de l'écologie industrielle, pour leur disponibilité à répondre à l'ensemble de mes questions. Leur contribution a permis d'approfondir ma réflexion ce qui a grandement contribué à la réussite de cet essai.

Je remercie aussi ma famille et mes amis qui m'ont appuyée dans cette démarche par leurs réflexions, leurs encouragements et leur patience. Finalement, je tiens à souligner l'appui constant que j'ai reçu de Frédéric.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

1 PORTRAIT DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE AU QUÉBEC 3

1.1 Présentation du concept de l'écologie industrielle 3

1.1.1 Approche systémique 4

1.2 Transposition du concept pour les entreprises 5

1.2.1 Limites du concept d'écologie industrielle 8

1.3 Écologie industrielle et développement durable 9

1.3.1 Sphère environnementale 10

1.3.2 Sphère économique 11

1.3.3 Sphère sociale 11

1.4 Situation actuelle au Québec par rapport à l'Europe 12

2 FACTEURS DE DÉCISION DES INDUSTRIELS 14

2.1 Facteurs influençant la participation de départ 14

2.2 Outils méthodologiques et techniques 15

2.3 Faisabilité technique 18

2.4 Faisabilité réglementaire 20

2.4.1 Règlementation en vigueur 20

2.4.2 Règlementation à venir 22

2.4.3 Normes, certifications et autres exigences 24

2.5 Faisabilité économique 24

2.5.1 Rentabilité 25

2.5.2 Financement disponible 26

2.6 Facteur organisationnel 27

2.6.1 Culture de l'organisation 28

2.6.2 Engagement de la direction 28

2.6.3 Collaboration avec d'autres industries 29
3 RETOURS D'EXPÉRIENCES 31
3.1 Projets en France 31
3.1.1 Ecopal – Dunkerque 31
3.1.2 Club d'écologie industrielle de l'Aube – Troyes 33
3.1.3 Club des Entreprises du Parc Industriel de la Plaine de l'Ain 35
3.2 Projets ailleurs en Europe 36
3.2.1 Landskrona Industrial Symbiosis Program (LISP) – Suède 37
3.2.2 NISP – Royaume-Uni 39
3.2.3 IIMFM (Allemagne) Inter-Industrial Materials Flow Management Rhine-Neckar Experience (AGUM), Germany 42
3.3 Projets en Amérique du Nord 44
3.3.1 Industrial Ecosystem Development project (IEDP) – Caroline du Nord ... 45
3.3.2 Parc industriel Burnside – Halifax 46
3.3.3 Et au Québec? 49
4 ANALYSE CRITIQUE DE CAS DE RÉUSSITE 51
4.1 Analyse des forces et faiblesses 51
4.2 Analyse critique de projets existants 56
4.2.1 Ecopal – Peggy Ricart, directrice à la coordination des projets 56
4.2.2 Systèmes Durables – Cyril Adoue, directeur fondateur 58
4.2.3 Club d'écologie industrielle de l'Aube (CEIA) – Grégory Lannou, coordonnateur 60
4.2.4 Eco-efficiency Centre de Burnside – Raymond Côté, professeur à l'Université Dalhousie en Nouvelle Écosse 62
4.2.5 Orée – Paul Schalchli, coordinateur du projet COMETHE 65
4.2.6 National Industrial Symbiosis Programme (NISP) – Peter Laybourn, créateur du NISP, directeur du programme et P-D.G. d'International Synergies 68

4.3 Synthèse des forces et des faiblesses des projets d'EI 72
4.3.1 Animation 73
4.3.2 Approche auprès des entreprises 73
4.3.3 Méthodes de communication 75
4.3.4 Liens avec les acteurs publics 76
4.3.5 Évaluation des résultats 77
4.3.6 Outils 77
4.3.7 Liens avec le milieu académique 79
4.4 Recommandations pour développer l'EI au Québec 79
4.4.1 Assurer une animation de la démarche sur le territoire 79
4.4.2 Centrer l'approche sur les préoccupations d'affaires 80
4.4.3 Mettre en place une communication efficace 80
4.4.4 Démarcher auprès des acteurs publics 81
4.4.5 Implanter des mesures d'évaluation des résultats 81
4.4.6 Utiliser des outils appropriés 82
4.4.7 Développer les liens avec le milieu académique 82
CONCLUSION 84
RÉFÉRENCES 86
BIBLIOGRAPHIE 95

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Bouclage de flux de matières et d'énergie 6
Figure 1.2 La reprise et le recyclage pour minimiser les pertes 6
Figure 1.3 Sources d'énergies renouvelables 7
Figure 1.4 Amélioration de la productivité des ressources tout au long du cycle de vie grâce à une meilleure conception des produits et services 7
Figure 1.5 Projets d'écologie industriels en France 12
Figure 2.1. Logigramme de l'analyse de la faisabilité technique 19

Figure 3.1 Schéma de la symbiose de Kalundborg, Danemark 36
Figure 4.1 Différence entre l'innovation incrémentale et l'innovation systémique 63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1Différences principales entre approches analytique et systémique 5
Tableau 2.1 Motivations internes et externes 14
Tableau 2.2 Description de quelques outils d'écologie industrielle 17
Tableau 2.3 Principaux documents législatifs à prendre en compte par thème 20
Tableau 3.1 Comparaison des particularités liées à l'échelle du territoire 44
Tableau 3.2 Exemples de questions du sondage *Industrial Park as an Ecosystem* 47
Tableau 3.3 Outils et ressources offerts aux PME par le Centre d'éco-efficience 48
Tableau 4.1 Résumé des projets 54
Tableau 4.2 Résumé des forces et faiblesse d'Ecopal 57
Tableau 4.3 Forces et faiblesses d'une démarche d'EI selon Systèmes Durables 60
Tableau 4.4 Forces et faiblesses du Club d'écologie industrielle de l'Aube 62
Tableau 4.5 Forces et faiblesses du projet de l'Eco-efficiency Centre in Burnside 65
Tableau 4.6 Forces et faiblesse générales entourant le projet COMETHE 68
Tableau 4.7 Bénéfices générés par les projets du NISP d'avril 2005 à décembre 2010 69
Tableau 4.8 Forces et faiblesses du NISP 72
Tableau 4.9 Exemples de gains économiques générés par des projets d'EI 74
Tableau 4.10 Investissements requis par le NISP d'avril 2005 à mars 2010 76

INTRODUCTION

Les ressources de la planète sont bien définies; elles s'arrêtent à sa frontière. Pourtant, les êtres humains exploitent la Terre, surtout depuis la Révolution industrielle, comme si ces limites n'existaient pas. Ce mode de fonctionnement linéaire, où les ressources sont extraites en quantités illimitées et les déchets produits en quantités tout aussi illimitées, est de plus en plus remis en cause.

Une des solutions proposées est d'imiter le fonctionnement des écosystèmes où les flux de matières et d'énergie sont bouclés afin de ne pas produire de rejets non utilisables. Ce concept, nommé écologie industrielle (EI), n'est pas récent, pourtant, peu de projets se développent au Québec alors que plusieurs projets fructueux sont déjà bien implantés ailleurs dans le monde et particulièrement en Europe. En effet, l'adhésion des entreprises aux projets d'EI est encore difficile au Québec.

À cet égard, le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI), situé à Sorel-Tracy, a pour mission d'améliorer la performance des entreprises et des collectivités québécoises par la recherche et le développement d'approches et de technologies novatrices en écologie industrielle. Cette R&D privilégie la mise en valeur des résidus, les écoproduits et l'établissement de synergies industrielles (CTTEI, s.d.). L'objectif principal de cet essai, dirigé par Hélène Gignac, directrice du CTTEI, est donc d'analyser les tendances qui favorisent l'intégration d'une démarche d'EI afin d'aider le Centre à démontrer la pertinence de l'écologie industrielle comme modèle d'innovation pour les entreprises québécoises.

Pour ce faire, ce document est partagé en quatre chapitres. Premièrement, le terme « écologie industrielle » est étudié selon les points de vue académiques (universités et centres de recherche) et pratiques (entreprises) afin d'apporter la définition qui sera utilisée pour l'ensemble du texte. Deuxièmement, les facteurs influençant les décisions des entreprises seront examinés afin de comprendre leurs préoccupations dans le but de cibler adéquatement l'orientation des informations retenues aux chapitres ultérieurs. Troisièmement, des cas de réussites de projets d'écologie industrielle sur des territoires plus ou moins étendus, en Europe et en Amérique du Nord, aideront à cerner les éléments principaux de ces démarches. Ces trois premières parties se fondent sur une revue

extensive de la littérature. La dernière partie, quant à elle, servira à analyser les forces et les faiblesses de cas présentés au chapitre précédent ainsi qu'à porter une analyse critique sur plusieurs de ces démarches grâce à des entrevues auprès d'intervenants travaillant pour des organismes (publics, privés, associatifs) qui coordonnent des démarches d'EI sur leur territoire. Une synthèse des informations théoriques et pratiques obtenues permet ensuite d'en faire ressortir les atouts et les défis par rapport à la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle et de proposer des recommandations pour le CTTEI. Le but de ces recommandations est de l'aider à stimuler l'adhésion des entreprises québécoises et autres parties prenantes potentielles à une démarche d'EI dans la province.

Dans le but d'assurer la qualité des données obtenues, une attention accrue a été portée à la fiabilité des sources. Ainsi, les articles scientifiques, les livres, les rapports et les sites Internet des organismes cernés ont été priorisés. Le choix des personnes ressources consultées s'est concentré sur des experts reconnus de leur organisme et plus généralement du milieu. De plus, les informations récentes ont été préférées aux plus anciennes lorsqu'elles étaient disponibles.

1 PORTRAIT DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE AU QUÉBEC

Le concept de l'écologie industrielle n'est pas nouveau. Toutefois, il s'agit d'un concept de plus en plus intéressant pour résoudre les problèmes actuels liés à l'environnement et aux matières premières (Bourg et Erkman, 2003). Une revue de la littérature permet de constater qu'il y a beaucoup d'incertitude concernant ce que l'écologie industrielle est ou devrait être (Seager et Theis, 2002).

1.1 Présentation du concept de l'écologie industrielle

La popularisation de ce néologisme ne s'est produite qu'en 1989 lorsque Frosh et Gallapoulos, deux ingénieurs issus de l'industrie automobile, ont publié un article dans la prestigieuse revue *Scientific American* abordant la réutilisation des rejets d'une industrie comme matière première d'une autre pour réduire leurs impacts sur l'environnement (Seager et Theis, 2002). Cet article soutenait que les systèmes industriels fonctionneraient plus efficacement et avec moins d'impacts environnementaux s'ils étaient conçus d'après les écosystèmes naturels où « la consommation d'énergie et de matière est optimisée, la production de déchets est réduite et les effluents d'un procédé […] servent de matière première à un autre procédé » (Frosch et Gallopoulos, 1989). C'est la première fois que le lien de cause à effet entre les activités industrielles (et leur production de déchets) et l'appauvrissement des ressources naturelles a été mis en lumière (Brullot, 2011a). Depuis, plusieurs projets ont émergé et beaucoup de recherches ont été conduites sur le sujet, mais aucune définition officielle et consensuelle n'a été retenue jusqu'à présent.

L'écologie industrielle a été décrite comme un « changement de paradigmes » (Lifset, 1997), un « éventail de concepts plutôt qu'une construction théorique unifiée » (O'Rourke *et al.*, 1996), et une « agrégation de tendances qui est toujours en cours de définition par ses partisans » (Côté, 1997). Malgré ces points de vue divergents, plusieurs chercheurs ont contribué à l'émergence du concept. Il est d'ailleurs essentiel de souligner l'apport considérable de Suren Erkman qui a permis d'approfondir la relation entre l'écologie et l'économie et d'identifier les manières d'implanter les concepts du développement durable dans une société fortement industrialisée grâce à ses recherches durant les années 1990 (Diemer et Labrune, 2007). En 2003, Suren Erkman a proposé trois points clés (Bourg et Erkman, 2003) sur lesquels la majorité des universitaires et praticiens s'accordent :

1. Une approche systémique et exhaustive de l'économie industrielle;
2. Une emphase sur les bases biophysiques des activités humaines;

3. Le rôle crucial joué par les innovations technologiques et le changement.

Par ailleurs, la gestion des flux de matières et d'énergie (Brullot, 2009; Newkirk *et al.*, 2009; CEIA, 2008; Vendette et Côté, 2008; CTTEI, s.d.; Projet COMETHE, s.d.) et du développement durable (CEIA, 2008; Projet COMETHE, s.d.) est intimement liée à l'écologie industrielle. À partir des définitions des organismes mentionnés ci-dessus, la définition utilisée dans le cadre de cet ouvrage est la suivante :

L'écologie industrielle est une démarche multidisciplinaire qui se base sur une approche systémique inspirée des écosystèmes naturels pour optimiser la gestion des flux de matière et d'énergie à travers la mise en œuvre de synergies et de mutualisations de ces flux. Cette démarche vise à rompre avec l'approche linéaire classique des activités économiques qui n'intègre ni la quantité limitée des ressources, ni l'incapacité de la planète à absorber la totalité des déchets produits. La démarche s'inscrit alors dans le concept de développement durable en visant autant les bénéfices environnementaux qu'économiques tout en favorisant la coopération des parties prenantes.

1.1.1 Approche systémique

Pour assurer la compréhension du concept d'écologie industrielle, il est nécessaire d'aborder celui de l'approche systémique. Il s'agit d'une « méthodologie permettant de rassembler et d'organiser les connaissances en vue d'une plus grande efficacité de l'action » (De Rosnay, 1975, p.83). La limite principale de l'approche traditionnelle, dite analytique, est son insuffisance face à la complexité, c'est-à-dire lorsque la réalité s'éloigne de l'addition de différentes informations à cause de l'importance des interactions entre celles-ci. (Adoue, 2007). L'approche systémique est alors née du besoin de traiter des sujets complexes. Elle prône la transdisciplinarité pour favoriser la compréhension et la description de la complexité. Elle s'oppose à l'approche analytique et la complète en étudiant la globalité des éléments d'un système plutôt que de se concentrer sur ses éléments de manière isolée. Le Tableau 1.1 présente les différences principales entre ces deux approches.

Tableau 1.1 Différences principales entre approches analytique et systémique

Approche analytique	Approche systémique
Se concentre sur des éléments isolés du système	Englobe la totalité des éléments du système
Considère la nature des interactions entre les sous-systèmes et les composants	Considère les effets des interactions et dépendances
Décompose un système complexe en sous-systèmes	Analyse la complexité du système
S'appuie sur la précision des détails : buts mal définis	S'appuie sur la perception globale : connaissance des buts, détails flous
Objectif : résoudre un problème en recherchant les causes dans le passé (« pourquoi? »)	Objectif : atteindre un but en cherchant les moyens d'y parvenir dans le futur (« vers quoi? »)
Cherche à prévoir le comportement des agents	Régule au fur et à mesure les comportements en fonction d'un objectif

Tiré de Adoue, 2007, p. 44

La complexité liée aux enjeux du développement durable et à l'impact de la société industrielle contemporaine sur l'environnement justifie le recours à l'approche systémique par l'écologie industrielle.

1.2 Transposition du concept pour les entreprises

Le concept d'écologie industrielle relève surtout du domaine académique. Toutefois, le terme d'éco-efficacité, plus connu des industriels pour ses connotations de compétitivité et d'innovation, se rapproche beaucoup de l'écologie industrielle. La principale différence réside dans le fait que l'éco-efficacité est « centrée sur la stratégie de l'entreprise individuelle, alors que l'EI vise une optimisation à l'échelle de groupes d'entreprises, de régions, et même du système industriel dans son ensemble » (Erkman, 2004, p. 41). L'écologie industrielle peut aussi se présenter comme une nouvelle pratique de gestion environnementale puisqu'elle satisfait les besoins des entreprises qui ont de plus en plus de contraintes qui les poussent à intégrer l'environnement dans leurs stratégies, comme la législation, les normes, les bonnes pratiques sectorielles et la pression des parties prenantes (Diemer et Labrune, 2007). De plus, afin de rendre le concept plus tangible et d'en faciliter l'appropriation par les industriels, Suren Erkman propose quatre stratégies concrètes d'écologie industrielle (Brullot, 2011a; Erkman, 2004) :

- Bouclage des flux de matières et d'énergie : transformer les résidus d'une organisation en ressource pour une autre afin d'atteindre un taux minimal de rejet. Cela reprend l'idée de la chaîne alimentaire dans les écosystèmes naturels.

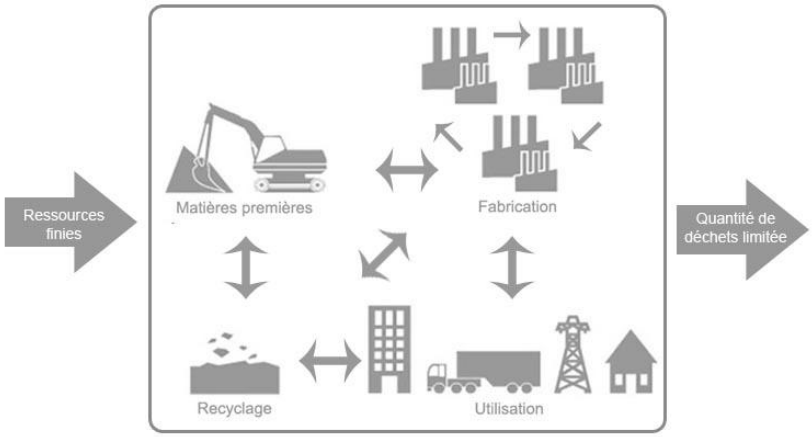

Figure 1.1 Bouclage de flux de matières et d'énergie (adapté de CEIA, 2008)

- Minimisation des pertes par dissipation : minimiser les fuites liées aux produits et des services durant leur cycle de vie.
    - Choix de meilleurs matériaux (ex : éviter la corrosion ou l'usure, allonger la durée de vie du produit)
    - Recyclage (ex. : reprise et recyclage de solvants)
    - Substitution de substances dangereuses par des substances inoffensives

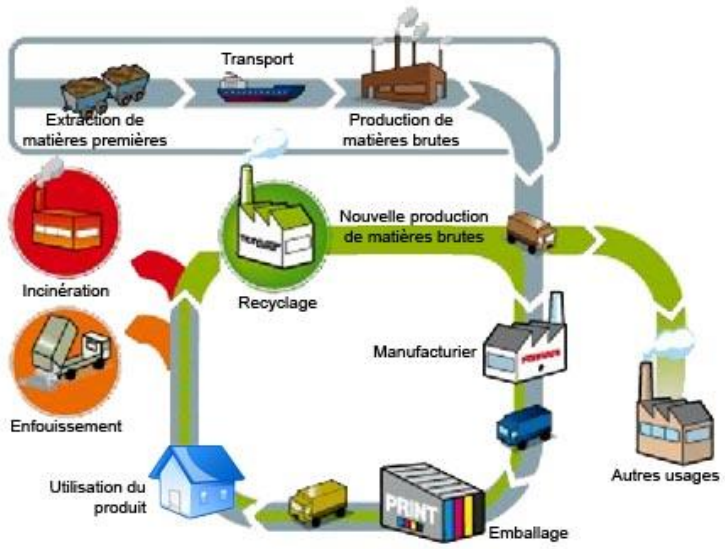

Figure 1.2 La reprise et le recyclage pour minimiser les pertes (adapté de Texyloop, 2009)

- Décarbonisation de l'énergie : réduire, voire éliminer, la consommation d'hydrocarbure et favoriser l'utilisation d'énergies renouvelables.

Figure 1.3 Sources d'énergies renouvelables (Anonyme, 2011)

- Dématérialisation de l'économie : améliorer la productivité des ressources pour réduire les flux de matières et d'énergies tout en répondant aux mêmes besoins.
    - Utiliser moins de matières et d'énergies pour fabriquer un produit
    - Vendre un service plutôt qu'un produit (économie de fonctionnalité)

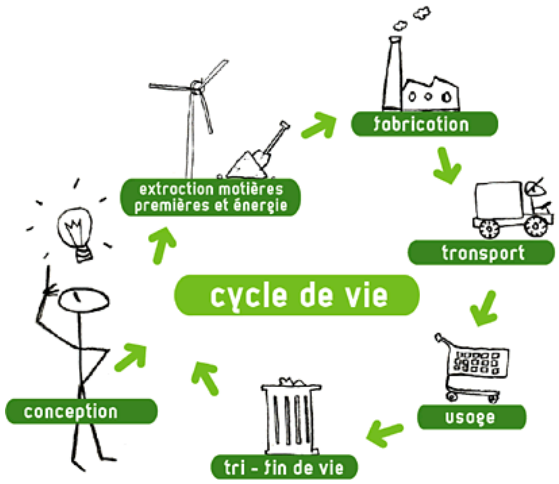

Figure 1.4 Amélioration de la productivité des ressources tout au long du cycle de vie grâce à une meilleure conception des produits et services (Ecobizup, 2011)

Le bouclage des flux désigne les synergies d'échanges de matières et d'énergies entre deux ou plusieurs entreprises pour lesquelles des flux de déchets, sous-produits ou d'énergie non valorisés se substituent aux flux habituellement utilisés. Par ailleurs, un autre type de synergie est désormais associé à l'écologie industrielle, soit les synergies de mutualisation. Ainsi, le regroupement d'industriels pour la production, par exemple, de vapeur ou d'air comprimé, ou encore pour la collecte et le traitement de certains types de

matières résiduelles permettent de réaliser ces opérations de manière plus efficace tant au niveau environnemental qu'économique. Or, l'optimisation de l'ensemble des flux de matières et d'énergies devrait s'accompagner tôt ou tard d'une amélioration de la performance et de la compétitivité.

> « C'est pour cette raison que les petites et moyennes entreprises ont une chance de mettre en pratique l'écologie industrielle, et pas seulement un petit nombre de grandes sociétés qui peuvent s'offrir le luxe de s'y intéresser sans en retirer des bénéfices immédiats. » (Erkman, 2004, p. 40).

1.2.1 Limites du concept d'écologie industrielle

Il y a présentement une tendance à limiter le concept d'écologie industrielle au bouclage des flux de matières et d'énergies. En effet, les trois autres stratégies de la définition de Suren Erkman font aujourd'hui l'objet de nouvelles disciplines. L'écoconception se concentre sur la minimisation des pertes par dissipation et la dématérialisation de l'économie grâce à une pensée qui intègre toutes les étapes du cycle de vie du produit ou du service au moment de la conception. En ce qui concerne la décarbonisation de l'énergie, il s'agit d'un secteur dédié aux énergies renouvelables qui devient de plus en plus indépendant de l'écologie industrielle (Brullot, 2011a).

Au niveau mondial, les concepts de symbioses industrielles et d'écoparcs dominent la littérature liée à l'écologie industrielle. Ces concepts correspondent à la recherche et la mise en oeuvre de synergies entre des entreprises situées sur un territoire donné visant un bouclage des flux de matière et d'énergie à plus ou moins grande échelle. À cet effet, le projet COMETHE soutient que la tendance en écologie industrielle est de :

> « tendre vers des circuits économiques courts, en cherchant à réaliser un bouclage des flux de matières et d'énergie à l'échelle d'un territoire, d'une filière, d'une zone urbaine, d'une zone d'activité… » (Projet COMETHE, 2011).

Cette position est d'ailleurs reprise par l'association Orée (Orée, 2009) et par le CTTEI.

Ailleurs dans le monde, la tendance est également au bouclage des flux comme discipline centrale de l'écologie industrielle. En effet, bien que le terme « écologie industrielle » ne soit pas très utilisé au Japon (Moriguchi, 2000), le concept de symbioses industrielles, nommées « écovilles », est très présent. En effet, le ministère de l'Environnement et le ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie du Japon ont mis sur pied un

programme national de promotion des écovilles depuis 1997 (Hashimoto *et al.*, 2010) qui avait pour objectif de répondre à une importante pénurie de sites d'enfouissement, de revitaliser l'économie locale et d'aborder le problème des changements climatiques. La définition japonaise cible le bouclage des flux alors que l'écoconception et l'analyse de cycle de vie forment un autre cadre disciplinaire à part entière. En Chine, il y a peu de recherche en cours sur l'écologie industrielle, mais plusieurs projets voient le jour (Shi, 2003). La Chine se base principalement sur les recherches menées en Allemagne et au Japon et il n'y a donc pas de différences marquées dans la définition générale du concept qui se fixe autour de l'analyse des flux, des symbioses industrielles et de l'économie circulaire. À cet effet, il est à noter que la Chine a adopté en 2008 une loi proclamant l'économie circulaire, c'est-à-dire sur une économie favorisant le bouclage des flux industriels et domestiques, comme objectif central de développement (Mathews et Tan, 2011). Il est donc possible d'affirmer que la tendance en écologie industrielle est de favoriser un bouclage des flux de matières et d'énergie à l'échelle d'une entreprise ou d'un territoire plus ou moins grand. Cependant, les autres stratégies proposées par Erkman demeurent un complément essentiel afin de favoriser une démarche complète.

1.3 Écologie industrielle et développement durable

En 1987, l'Organisation des Nations Unies a publié un rapport intitulé « Notre avenir à tous » qui a consacré la définition du développement durable. Depuis, le développement durable est défini comme un « mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » (World Commission on Environment and Development, 1987). De cette définition découlent les trois sphères classiques du développement durable, soit les sphères environnementale, économique et sociale. Dès ses débuts, plusieurs chercheurs (Erkman, 2004; Graedel, 1996; Ayres et Simonis, 1995; Frosch, 1995) ont stipulé que l'écologie industrielle propose une approche opérationnelle en accord avec le développement durable. De plus, Ehrenfeld a soutenu que l'écologie industrielle aurait le potentiel de briser l'impasse de notre société de consommation actuelle grâce à ses principes favorisant un développement durable (Erkman, 2004). Par ailleurs, un ensemble de stratégies basées sur l'écologie industrielle a été inclus dans le rapport final de la *Commission for Sustainable Development* publié sous la présidence de Bill Clinton aux États-Unis (Erkman, 2004). Bien que la contribution de l'écologie industrielle au développement durable soit généralement admise, chaque projet doit toutefois être étudié

pour en valider son apport. Pour ce faire, voici quelques exemples de bénéfices attendus (Mirata et Emtairah, 2005) qui permettraient d'affirmer l'engagement du projet dans une démarche de développement durable :

- Environnement : augmentation de l'efficience des ressources (« faire plus avec moins »), réduction de l'apport de ressources non renouvelables et réduction des émissions polluantes;
- Économique : réduction des coûts liés à l'acquisition de ressources, réduction des coûts de gestion de matières résiduelles et création de nouvelles sources de revenus par la valorisation des sous-produits et des flux de matières résiduelles;
- Social : création d'emplois et amélioration de la qualité du milieu de travail.

1.3.1 Sphère environnementale

Au niveau environnemental, une synergie de substitution permet de réduire le recours aux ressources naturelles et aussi de diminuer les émissions liées au traitement classique tout au long du cycle de vie grâce à l'utilisation d'une matière première secondaire (Adoue, 2007). Toutefois, il faut s'assurer que la synergie mise en place ne provoque pas un transfert de pollution qui annulerait les bénéfices attendus. Par exemple, la substitution d'une matière neuve par un flux d'une autre entreprise peut nécessiter un traitement et du transport. La somme des impacts de ces étapes doit alors être inférieure aux impacts liés à l'usage de la matière neuve pour que la substitution soit avantageuse au plan environnemental. De plus, certaines critiques soulignent que l'écologie industrielle ne réduit pas nécessairement les flux de matières à cause de la possibilité d'un « effet rebond », c'est-à-dire que la baisse des prix de revient des flux de matières permettrait de dégager des sommes supplémentaires pour de nouvelles consommations, ne réduisant donc pas le bilan total de matières (Tranchant *et al.*, 2004).

Cependant, lorsqu'il s'agit de synergies de mutualisation, les bénéfices environnementaux sont non négligeables. En effet, la mise en commun des efforts de collecte ou de traitement, par exemple, de matières résiduelles permet de diminuer les coûts pour rendre plus accessible le bon traitement par les filiales en place ou la mise en place de nouvelles installations. Par ailleurs, une entreprise déjà engagée dans une démarche volontaire de gestion de ses aspects environnementaux, comme ISO 14 001, peut considérer la création de synergies industrielles comme une source d'amélioration continue (Adoue, 2007).

1.3.2 Sphère économique

En ce qui concerne la sphère économique, les bénéfices constituent une condition essentielle à la mise en œuvre d'une synergie de substitution ou de mutualisation. Avec l'augmentation du coût de l'énergie pour la collecte et le traitement de certains types de matières résiduelles, les synergies de mutualisation deviennent de plus en plus intéressantes afin d'aider les entreprises à réaliser ces opérations de manière plus efficace. Par exemple, deux entreprises avoisinantes nécessitant chacune un service de transport de palettes de bois pourraient négocier une entente avec le fournisseur de transport afin de jumeler la livraison et/ou la reprise de palettes. Cela aurait alors pour impact de réduire les coûts des deux entreprises tout en réduisant le nombre de kilomètres parcourus par le camion de livraison pour le même service.

De plus, dans un contexte où le coût des matières premières est en hausse constante, des économies substantielles en extraction et/ou en transport sont aussi possibles grâce aux synergies de substitution, c'est-à-dire par le recours à des matières premières secondaires locales. De plus, la création de ce type de boucle de synergie, où une matière résiduelle d'une entreprise est réutilisée par une autre organisation plutôt que rejetée favorise la création d'activité locale (Adoue, 2007). Par ailleurs, « l'existence d'un tissu entrepreneurial fonctionnant en réseau peut s'avérer être un argument séduisant pour des entreprises en quête d'un lieu d'implantation » (Adoue, 2007, p. 36). En effet, la connaissance des synergies possibles et des flux disponibles sur un territoire sont des sources potentielles d'économies importantes, surtout pour une entreprise informée en amont de son implantation.

1.3.3 Sphère sociale

Sur le plan social, l'écologie industrielle favorise la performance et renforce la compétitivité des entreprises, ce qui peut se traduire en développement de nouveaux marchés et en création d'emplois (Adoue, 2007). Il est possible que des emplois soient éliminés, par exemple dans le secteur des déchets, mais d'autres emplois pourraient être créés grâce à l'émergence de filiales de récupération et de valorisation. Par ailleurs, l'équité envers les générations futures, telle qu'explicitée dans la définition canonique du développement durable, est renforcée grâce à l'écologie industrielle et ce par à la substitution de matières premières neuves et d'énergie fossile par la réutilisation de flux de matières et d'énergie dans le système industriel (Adoue, 2007).

1.4 Situation actuelle au Québec par rapport à l'Europe

En Europe, l'écologie industrielle est plus ancrée qu'au Québec. Par exemple, la symbiose industrielle de Kalundborg, au Danemark, s'est implantée de façon spontanée depuis les années 1960. D'autres projets ont ensuite vu le jour en Allemagne, en France, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni. Certains de ces projets seront d'ailleurs détaillés dans le chapitre 3. En France, le concept d'écologie industrielle est apparu vers la fin des années 1990 et les principaux acteurs ont formé le Pôle français d'Écologie industrielle (Systèmes Durables, s.d.). La recherche est également active, par exemple, elle constitue un des principaux axes de travail du Centre de recherches et d'études interdisciplinaires sur le développement durable (CREIDD) de l'Université de Technologie de Troyes. Plusieurs projets d'écologie industrielle sont déjà établis sur le territoire (Figure 1.5). Certains de ces projets, comme Ecopal, sont conduits en partenariat avec l'Agence nationale de la recherche (ANR), l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) et/ou le Conseil général (Schillewaert, 2011).

Figure 1.5 Projets d'écologie industriels en France (Giraud *et al.*, 2011, p. 10)

Au Québec, l'essor de l'écologie industrielle a également débuté dans les années 1990, mais il s'agit encore d'un concept très marginal. La région de Sorel-Tracy en est le berceau, notamment grâce à l'émergence du Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI). Grâce à son expertise et son savoir-faire, cette région aspire d'ailleurs à devenir un Technopôle en écologie industrielle. Un dossier de demande de statut de technopôle a d'ailleurs été déposé en mai 2011 auprès de Zones Québec Innovation (Technocentre en écologie industrielle, 2011). Des créneaux d'excellence en transformation des métaux ferreux et nouveaux matériaux associés ainsi qu'en récupération et mise en valeur des matières résiduelles ont été soulignés comme des projets d'Actions concertées de coopération régionale de développement (ACCORD).

Des projets de synergie des sous-produits sont en cours sur le parc industriel de Bécancour (Maheux-Picard, 2009) et un projet de parc agrothermique est en construction à Saint-Félicien et devrait être opérationnel au printemps 2012 (Cellier, 2011). Ce dernier permettrait la récupération de la chaleur résiduelle produite par la centrale de cogénération de la ville pour chauffer des dizaines de serres construites sur un périmètre de 15 hectares dans une zone agricole écologique. D'autres projets touchant la production de produits finis ou semi-finis en matières premières, la transformation de résidus industriels en matières premières, l'utilisation de ressources résiduelles dans un procédé de production et la valorisation énergétique sont en cours au Québec depuis une dizaine d'années (Boiral et Croteau, 2001), mais il ne s'agit pas encore de projets organisés à grande échelle comme on peut le voir en Europe.

Par ailleurs, une entente de deux ans entre le CD2E (Centre expert pour l'émergence des écotechnologies au service du développement des écoentreprises) à Lille en France et le Technocentre en écologie industrielle et le CTTEI au Québec vient d'être signée. Cette entente vise à stimuler la reconversion économique et l'aménagement durable de la Montérégie et du Nord-Pas-de-Calais pour en faire des modèles de développement durable transférables à d'autres régions (Technocentre en écologie industrielle et CTTEI, 2011). Ainsi, le développement de l'écologie industrielle au Québec en est encore à ses premiers balbutiements, même si de plus en plus de projets devraient voir le jour dans les prochaines années. L'étude des tendances actuelles permettra donc d'identifier les éléments favorables à un déploiement harmonieux de démarches d'EI dans la province.

2 FACTEURS DE DÉCISION DES INDUSTRIELS

Lorsque des éléments favorables au déploiement d'une démarche d'EI sont présents, la participation des industriels n'est pas automatique. Plusieurs facteurs viennent influencer d'abord leur désir d'y participer, et ensuite, la mise en œuvre d'un projet.

2.1 Facteurs influençant la participation de départ

Avant même le commencement d'une démarche d'écologie industrielle, il doit y avoir un intérêt de la part de l'entreprise à s'y engager. Les principaux facteurs influençant ce choix sont la pression institutionnelle, un accès critique aux ressources, un désir d'augmenter l'efficacité et les économies de coûts et/ou un apprentissage interorganisationnel (Starlander, 2003). D'autres motivations, internes ou externes, peuvent jouer dans cette décision comme le présente le tableau suivant :

Tableau 2.1 Motivations internes et externes

Motivations internes	**Motivations externes**
Réduction de coûts	Demande des clients
Amélioration de la qualité des produits et services	Règlementation gouvernementale
Innovation	Pression des investisseurs
Augmentation de la motivation des employés	Accès au capital
Engagement personnel/sentiment de	Compétition
responsabilité envers la communauté	Pression publique
Gestion du risque	Pression globale (changements climatiques)
Maintien ou croissance des parts de marché	

Tiré de Côté *et al.*, 2005, p. 544

Fondamentalement, la réglementation environnementale est un levier important pour stimuler les entreprises à améliorer leur bilan environnemental. L'écologie industrielle doit donc être régie par une législation appropriée afin d'être intéressante pour les entreprises privées. En Suède, des législations pertinentes concernent les taxes à l'enfouissement et les taxes différenciées pour le transport d'énergie selon le type d'énergie (Starlander, 2003) ont favorisé l'essor de projets tel celui de Landskrona (voir chapitre 3). Il est à noter que certains ajustements peuvent aussi favoriser un engouement pour l'EI comme des clauses spécifiques favorisant (ou même, permettant) le recours aux matières premières secondaires dans les documents d'appels d'offres publics.

Par ailleurs, les contextes politique et économique peuvent s'insérer dans les facteurs externes de contexte plus ou moins favorable à l'EI. Par exemple, la Communauté européenne travaille à l'adoption d'un accord mondial de réduction des émissions de gaz à effet de serre en plus d'avoir mis en place en 2005 un système d'échange de droits d'émissions de GES. Il est à noter que les lois adoptées par la Communauté européenne doivent ensuite être transposées dans les lois des pays membres. Parallèlement, un plan très ambitieux a été adopté en 2008. Ce plan vise à réduire les émissions de GES d'au moins 20 % d'ici 2020 (par rapport au niveau de 1990), d'augmenter à 20 % la part des énergies renouvelables et de réduire de 20 % la consommation globale d'énergie (par rapport aux projections) (Union européenne, 2011). De tels objectifs, lorsque transposés dans la réglementation nationale comme l'a fait la France avec les lois Grenelle, viennent certainement encourager la classe industrielle à participer à leur atteinte.

Au niveau contextuel, notons également que le coût de l'énergie est significativement plus élevé en Europe qu'au Québec. En effet, la moyenne résidentielle des prix de l'électricité de l'Union européenne se situait à 0,1708 €/kWh en 2010 (Goodman, 2011), soit 0,2367 $/kWh, alors qu'il n'était que de 0,0723 $/kWh au Québec (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2011). Ce contexte économique européen stimule l'essor des énergies renouvelables et des projets de récupération d'énergie (ex. : réseaux de chaleur) puisque leur coût devient compétitif par rapport aux tarifs en vigueur. Ainsi, les conjonctures économiques de même que politiques en Europe favorisent la mise en oeuvre de démarches d'écologie industrielle. L'EI demeure une stratégie méconnue des industriels au Québec. De plus, les très bas prix de l'énergie et les faibles coûts de l'enfouissement nuisent à l'implantation d'une telle stratégie.

2.2 Outils méthodologiques et techniques

L'Agence nationale de recherche (ANR) en France a lancé en 2007 un appel à projets dans le cadre de son Programme de Recherche Ecotechnologies et Développement Durable (PRECODD). Le lauréat a été un projet portant sur la conception d'outils méthodologiques et d'évaluation pour l'écologie industrielle, le projet COMETHE. Ce projet a élaboré puis testé sur cinq territoires français des fiches actions puis des outils associés aux différentes étapes d'une démarche d'écologie industrielle (Projet COMETHE, 2011), soit :

- Analyser le potentiel des entreprises et du territoire
    - Conduite du projet : coordination
    - Pré-diagnostic : mise en situation et intégration des enjeux
    - Diagnostic : analyse des flux de matière et d'énergie
- Étudier les conditions de faisabilité des synergies éco-industrielles
    - Évaluation technique
    - Évaluation réglementaire
    - Évaluation économique
    - Évaluation environnementale
    - Analyse des risques
- Définir les scénarios de mise en oeuvre
    - Analyses multicritères
    - Cartographie des synergies
- Intégrer la démarche dans une stratégie de développement durable du territoire
    - Implications sur la zone
    - Pérenniser et diffuser la démarche
    - Évaluer et améliorer en continu
    - Écologie industrielle et modes de développement

Ces fiches actions et outils correspondent à un mode d'emploi de l'implantation d'une démarche d'écologie industrielle sur un territoire. Ils sont donc très pertinents à utiliser en amont d'une démarche d'écologie industrielle et leur consultation est gratuite. Toutefois, ces documents ne seront pas étudiés plus en détail dans le cadre de cet essai, afin d'éviter un effet de redondance.

Outre les outils développés par COMETHE, d'autres outils ont été élaborés pour identifier des synergies d'écologie industrielle. Ils se regroupent principalement sous l'appellation de métabolisme industriel et permettent de caractériser la dynamique des flux de matières et d'énergie au sein d'un système étudié. Les outils de cette famille se concentrent sur la dynamique de substances, de matières ou de produits (Consortium ARPEGE, 2009). On y retrouve :

- Bilan flux entrants/ flux sortants d'une entreprise
- Analyse des flux de matière et d'énergie sur un territoire (MFA en anglais)
- Analyse des flux de substances (SFA en anglais)

- Analyse des impacts liés à une matière précise ou à un produit (ex. : Analyse de cycle de vie)

Les outils d'analyse de flux peuvent aider à la recherche de synergie alors que les outils d'analyse d'impacts sont plus utiles lors de l'évaluation environnementale d'une synergie identifiée. Par ailleurs, il existe des outils informatiques pour compléter ces bilans et analyses. Le tableau suivant en présente quelques-uns :

Tableau 2.2 Description de quelques outils d'écologie industrielle

Nom de l'outil	**Fonction et utilisation**
FAST, développé par la US EPA	Base de données Access connectée à un système d'information géographique (SIG) Aucune règle syntaxique
ISIS, développé par Électricité de France (EDF)	Système de gestion de base de données connecté à la base entreprise COFACE et à un SIG Dimensions physico-chimiques des flux seulement
Prestéo, développé par Cyril Adoue (Systèmes Durables)	Base de données de flux industriels avec un portail Web permettant une mise à jour en continu par les utilisateurs Identification de synergies Règles syntaxiques rigoureuses pour éviter les redondances et les informations perdues
UMBERTO, développé par IFU Hambourg	Modélisation des procédés de productions et des flux Production de diagrammes Évaluation des résultats selon des critères environnementaux, sociaux et économiques Optimisation des coûts Compatible avec SAP et Excel
SYNERGie, développé par le NISP (Royaume-Uni)	Base de données de flux permettant la gestion des relations et des synergies Archive les démarches pour faciliter une reconstitution rapide de projets semblables Accès limité aux coordonnateurs/praticiens via un portail en ligne
Industrial Ecology Planning Tool (IEPT), développé par Carolyn Nobel (University of Texas)	Modèle de réutilisation de matière spécialisé dans la réutilisation d'eau qui permet l'identification du scénario optimal au niveau du coût. Intègre SIG et permet le calcul des coûts de transport. Le code source est disponible, mais nécessite ArcView GIS

Institute of Eco-Industrial Analysis Waste Manager (IUWAWM), développé l'IUWA de l'Université de Heidelberg et par l'Université de Mannheim	Base de données Access composée de plusieurs tableurs interreliés Exemple de données : flux entrants/sortants, compagnies liées au traitement des matières résiduelles, sites d'enfouissement, données comptables Fonctions d'analyse et de rapports incluant des indicateurs calculés automatiquement Données sauvegardées sur un serveur intranet centralisé accessible de n'importe quel ordinateur de la compagnie Un complément pour améliorer l'analyse et l'optimisation des systèmes est en cours de développement

Compilation à partir de ifu Hamburg, 2011, NISP, 2011, Grant *et al.*, 2010, Sterr et Ott, 2004.

Il est à noter que la disponibilité de ces logiciels varie. Par exemple, l'IEPT est disponible sous réserve de détenir le logiciel ArcView GIS, alors que des licences doivent être achetées pour utiliser Prestéo ou Umberto. Dans le cas de SYNERGie, ce logiciel est réservé à l'usage de International Synergies, l'organisme qui est responsable de la gestion du National Industrial Symbiosis Programme (NISP) au Royaume-Uni. En ce qui concerne l'IUWAWM, ce programme est encore en cours de développement et n'est donc pas disponible sur le marché. De plus, le choix d'un ou l'autre de ces logiciels dépend de caractéristiques intrinsèques au projet d'écologie industrielle. Cependant, il est possible d'affirmer qu'une base de données permettant un accès aux entreprises tout en étant administrée par un coordonnateur de la démarche est idéale. La possibilité d'intégrer un système d'information géographique (SIG) aux données de flux facilite l'analyse des synergies potentielles grâce à une évaluation instantanée des distances en jeu. Toutefois, une grille d'indicateurs doit être prévue pour analyser les synergies identifiées afin de s'assurer qu'elles s'insèrent dans une démarche de développement durable. De tels indicateurs ont d'ailleurs déjà été élaborés par le projet COMETHE et se retrouvent à la fiche action 17, disponible sur le site Internet (www.comethe.org).

2.3 Faisabilité technique

Lorsqu'une synergie potentielle est identifiée, la première étape consiste à en valider ses propriétés techniques. Cela consiste à vérifier si les propriétés physiques, qualitatives et quantitatives sont adéquates pour l'usage prévu (Adoue, 2007). Le logigramme suivant

représente les étapes de l'analyse de la faisabilité technique. Les losanges représentent les questions à se poser et sont numérotés dans un ordre logique. Les flèches vertes soulignent une réponse positive alors que les rouges indiquent une réponse négative.

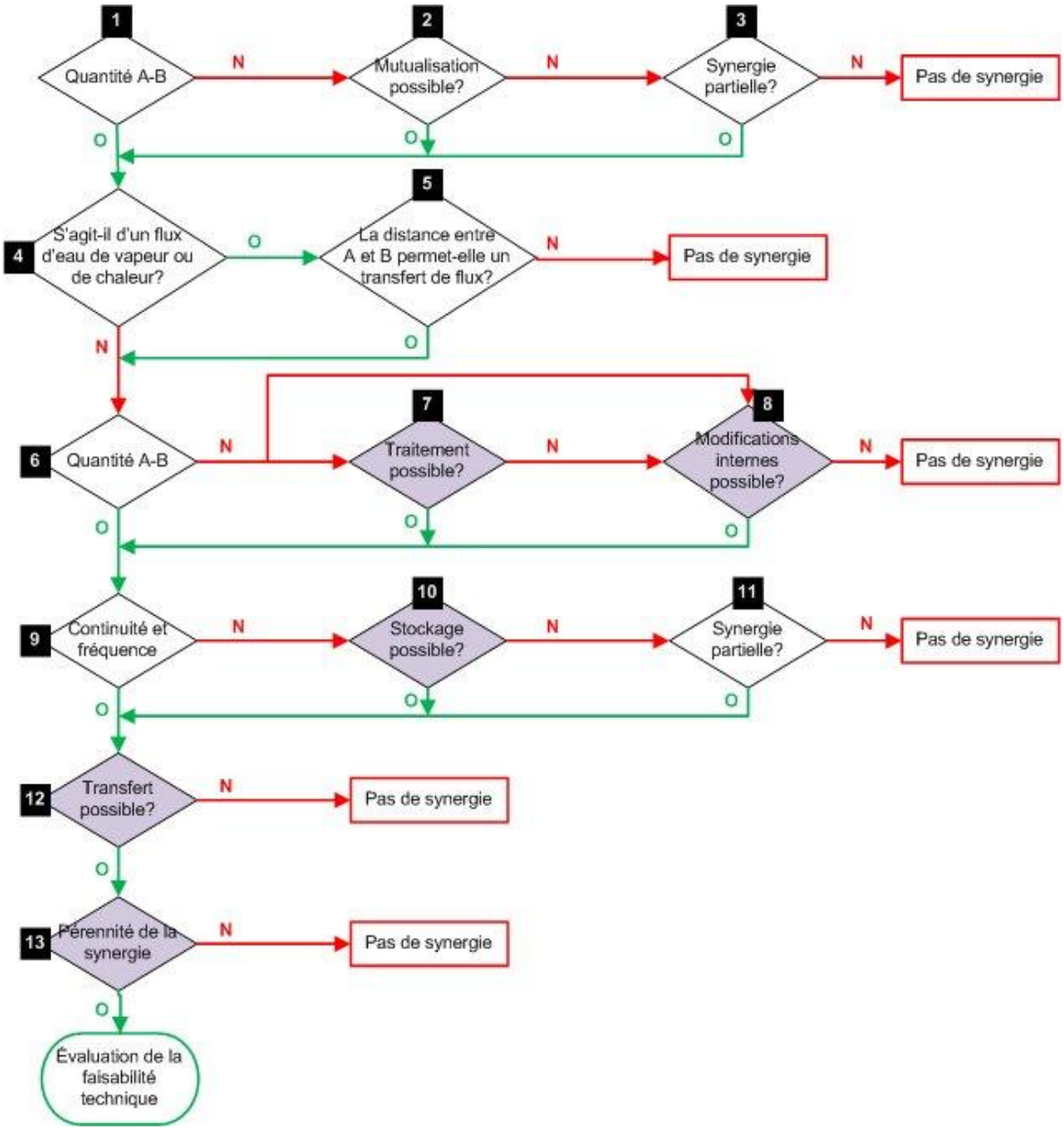

Figure 2.1. Logigramme de l'analyse de la faisabilité technique (Tiré de Projet COMETHE, 2011)

Prenons l'exemple de l'épandage d'abrasifs sur les routes en hiver. Une ville qui souhaiterait récupérer ces abrasifs lors du nettoyage des rues et des puisards au printemps pour les réutiliser l'hiver suivant devrait vérifier entre autres la granulométrie, les

contaminants présents et la quantité pouvant être récupérée (Laurens *et al.*, 2010). Si les propriétés ne correspondent pas aux besoins, par exemple, si la granulométrie d'une partie de l'abrasif récupéré est trop petite ou si les contaminants détectés ne permettent pas d'épandre ce mélange, alors l'étude de faisabilité doit également évaluer les méthodes pour obtenir un flux approprié, dans ce cas-ci, le tamisage pour obtenir la granulométrie désirée et le lavage pour éliminer les contaminants. Ces étapes devront être complétées à l'interne de l'organisation ou être sous-traitées à une autre compagnie.

Par ailleurs, bien qu'un traitement doive être appliqué dans plusieurs cas, il est souvent avantageux de substituer l'usage de produits vierges par la récupération d'un sous-produit. Par exemple, « les effluents liquides, surtout ceux des petites et moyennes entreprises qui n'ont pas les moyens d'investir dans des dispositifs de dépollution performants, renferment souvent une concentration en métaux bien supérieure à la teneur du minerai naturel » (Erkman, 2004, p.101).

2.4 Faisabilité réglementaire

L'étude de la faisabilité réglementaire est cruciale pour la mise en œuvre d'une synergie d'écologie industrielle. Lorsqu'il s'agit de matières résiduelles, de matières dangereuses ou d'autres sous-produits, plusieurs législations doivent être vérifiées.

2.4.1 Règlementation en vigueur

Voici un échantillon de quelques thèmes pouvant être liés au bouclage de sous-produits ainsi que des documents législatifs à consulter.

Tableau 2.3 Principaux documents législatifs à prendre en compte par thème

Thèmes	Documents législatifs reliés
Émission ou rejet de contaminants	Loi canadienne sur la protection de l'environnement Loi sur la qualité de l'environnement Loi sur les pêches Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère Règlement sur les matières dangereuses Règlement sur le transport de marchandises dangereuses Règlement sur les systèmes de stockage de produits pétroliers et de produits apparentés

	Code de gestion des pesticides
Qualité de l'air	Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur la qualité de l'atmosphère Règlement sur les normes environnementales applicables aux véhicules lourds Règlement fédéral sur les substances appauvrissant la couche d'ozone
Approvisionnement en eau	Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur le domaine hydrique de l'État Règlement sur le captage des eaux souterraines Règlement sur la qualité de l'eau potable
Eaux usées	Règlement sur le domaine hydrique de l'État Règlement sur l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées Règlement sur les lieux d'élimination de neige
Matières résiduelles	Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur la qualité de l'atmosphère Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles Règlement sur la compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles
Matières dangereuses	Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur les matières dangereuses Règlement sur le transport des marchandises dangereuses Règlement sur les urgences environnementales Règlement sur la récupération et la valorisation des huiles usagées, des contenants d'huile ou de fluide et des filtres usagés
Produits pétroliers	Loi sur la qualité de l'environnement Loi sur les produits pétroliers Règlement sur le débit de distribution de l'essence et de ses mélanges Code de construction Code de sécurité Règlement sur les systèmes de stockage de produits pétroliers et de produits apparentés
Sols contaminés	Loi sur la qualité de l'environnement Règlement sur le stockage et les centres de transfert de sols contaminés Règlement sur les matières dangereuses Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains

Toutefois, dans certains cas, des documents législatifs spécifiques doivent être consultés, comme le *Règlement (fédéral) sur les halocarbures* et le *Règlement sur les BPC*, le *Règlement sur les carrières et sablières*, le *Règlement sur les usines de béton bitumineux*, selon les synergies à l'étude. De plus, certaines villes ou municipalités régionales de comté (MRC) peuvent avoir en vigueur des règlements supplémentaires qu'il faut prendre en compte.

Par ailleurs, il est impératif de vérifier les besoins d'obtention de permis ou de certificats. Par exemple, la *Loi sur la Qualité de l'Environnement* (LQE), qui affecte le plus grand nombre de thèmes, demande l'obtention d'un certificat d'autorisation pour certains projets. En effet, selon l'article 22 de la *Loi sur la Qualité de l'Environnement*, « Nul ne peut ériger ou modifier une construction, entreprendre l'exploitation d'une industrie quelconque, l'exercice d'une activité ou l'utilisation d'un procédé industriel ni augmenter la production d'un bien ou d'un service s'il est susceptible d'en résulter une émission, un dépôt, un dégagement ou un rejet de contaminants dans l'environnement ou une modification de la qualité de l'environnement, à moins d'obtenir préalablement du Ministre un certificat d'autorisation » (*Loi sur la qualité de l'environnement*). Les délais impartis pour la demande du certificat d'autorisation doivent alors être pris en compte dans la conduite du projet.

2.4.2 Règlementation à venir

Évidemment, l'EI est soumise à la législation en vigueur comme tout autre type de projet. Toutefois, l'EI peut devenir un outil pour anticiper de nouvelles réglementations et pour permettre aux entreprises innovantes de se positionner comme chef de file.

Le gouvernement du Québec a adopté en 2006 un *Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques* (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 2008). Ce plan concerne les secteurs :

- Énergétique;
- Des transports et du monde municipal;
- Des industries québécoises;
- Des matières résiduelles;
- De l'agriculture et de la valorisation énergétique de la biomasse;
- Du leadership gouvernemental;

- De la sensibilisation du public et des partenariats;
- De la recherche, du développement et du déploiement des technologies.

Selon ce plan d'action, les secteurs industriels et de l'agriculture comptent respectivement pour 30,7 % et 8,3 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) de la province (MDDEP, 2008). Le gouvernement a d'abord choisi de consolider ses connaissances sur les émissions du secteur industriel en exigeant depuis 2007 que les principaux émetteurs déclarent annuellement leurs émissions de GES et d'autres contaminants atmosphériques. Ensuite, l'émergence de systèmes régionaux d'échange de droits et de crédits d'émission de GES sur la scène nord-américaine (plus particulièrement de la *Western Climate Initiative*) a stimulé le gouvernement du Québec à opter pour une approche réglementaire de plafonnement et d'échange de droits d'émissions de GES dans le but d'atteindre la cible de réduction de 940 kt du secteur industriel québécois (MDDEP, 2008). Par ailleurs, des organismes tels que l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) et la Table ronde nationale sur l'économie et l'environnement (TRNEE) du Canada recommandent fortement l'utilisation d'instruments économiques pour changer les comportements (MDDEP, 2008). Dans ce contexte, une entreprise qui utiliserait l'écologie industrielle pour améliorer sa capacité d'innovation, sa performance et réduire ses impacts environnementaux pourrait tirer son épingle du jeu dans les années à venir.

En 2011, le gouvernement québécois a adopté sa *Politique québécoise de gestion de matières résiduelles* pour la période 2011-2015 ainsi qu'un plan d'action associé. Au niveau législatif, des modifications et des ajouts sont prévus. En effet, le gouvernement prévoit modifier la *Loi sur la qualité de l'environnement* durant l'année 2011 pour clarifier la priorité accordée aux activités de gestion de matières résiduelles « les plus profitables pour l'environnement et le développement durable » (MDDEP, 2011a, p.12) en établissant un ordre de priorité (MDDEP, 2011b). Par ailleurs, de nouveaux règlements sont prévus comme l'interdiction d'éliminer du papier et du carton (avant 2013), du bois (avant 2014) et des matières putrescibles (avant 2020) (MDDEP, 2011a). De plus, des documents législatifs comme le *Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises* ainsi que le *Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles* visent la réduction des quantités de matières résiduelles à éliminer en responsabilisant les entreprises. L'ensemble de ces incitatifs réglementaires dresse la

table pour favoriser l'émergence de synergies de sous-produits et de synergies de mutualisation.

2.4.3 Normes, certifications et autres exigences

En plus de la législation fédérale, provinciale et municipale en vigueur, les entreprises doivent aussi répondre à d'autres exigences auxquelles elles souscrivent. Ces autres exigences peuvent inclure (Organisation internationale de normalisation, 2004a) :

- des accords avec les autorités publiques,
- des accords avec les clients,
- des lignes directrices non réglementaires,
- des principes ou codes de conduite volontaires,
- des engagements d'étiquetage environnemental volontaire ou de gestion responsable des produits,
- des exigences des associations professionnelles,
- des accords passés avec des communautés ou des organisations non gouvernementales,
- des engagements publics de l'organisme ou de son organisme parent, et
- des exigences internes de l'organisme ou du groupe auquel il appartient.

Lorsque l'entreprise souscrit à une norme comme ISO 9001 ou ISO 14 001, alors il est impératif d'inclure la synergie dans le cadre du système de gestion en place, comme cela serait le cas pour tout autre projet. Si un système normé ISO 14 001 est déjà en place, la mise en œuvre de synergies industrielles s'inscrit dans la démarche d'amélioration continue requise par la certification. (Adoue, 2007).

2.5 Faisabilité économique

Parallèlement, une étude de la faisabilité économique doit être conduite puisqu'il s'agit d'un critère *sine qua non* à la réalisation d'une démarche d'écologie industrielle (Adoue, 2011b). Pour cela, cette étude doit démontrer l'adéquation entre le besoin et l'offre, les coûts de mise en œuvre ainsi que la période d'amortissement, de même que d'autres bénéfices potentiels difficilement monnayables (ex. : gain d'image). De plus, il est à noter que dans certains cas, les investissements représentent des coûts nets, mais qui peuvent déboucher, à long terme, sur des avantages économiques inattendus (Boiral, 2004).

2.5.1 Rentabilité

Avec la hausse du coût des matières premières et de l'énergie, de même que la hausse des redevances de 9,50 $ la tonne pour l'élimination de matières résiduelles (*Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles,*), les synergies de substitutions, mais également de mutualisation deviennent de plus en plus intéressantes. En effet, ces types de synergies ont le potentiel de réduire les coûts d'acquisition de matières ou d'énergie (substitution) ou de faire des économies d'échelle (mutualisation).

De plus, le secteur industriel représentait 47 % de la consommation totale d'énergie du Canada en 2008 (Office national de l'énergie, 2008), dont une part importante est issue des combustibles fossiles. Or, alors que le coût des combustibles fossiles a augmenté significativement depuis quelques années, « l'efficacité énergétique est non seulement souhaitable, mais essentielle pour la compétitivité des entreprises et de l'économie québécoise » (MDDEP, 2008, p.17). Des bouclages de flux énergétiques permettraient alors de pousser davantage cette efficacité, favorisant dès lors la compétitivité des entreprises.

Lorsqu'il s'agit du bouclage de flux de matières, les critères de faisabilité technique peuvent exiger qu'un prétraitement soit fait avant d'utiliser la matière en question. Les données concernant les coûts de traitement, à l'interne ou à l'externe, doivent donc être intégrées au calcul. En ce qui concerne le transport, ces données doivent aussi être prises en compte, mais la répartition des coûts pourrait être négociée dans le contrat d'approvisionnement en fonction des intérêts des parties en cause. Un autre coût afférent devant être considéré lors de l'évaluation économique du projet est le coût du personnel attitré au projet. Évidemment, il s'agit d'une situation de cas par cas plutôt que d'une formule unique pour tous.

Après l'évaluation des coûts, il faut bien sûr faire le même exercice avec les revenus et/ou les économies anticipés (ex. : coûts évités). Dans le cas d'une substitution, il faut analyser le différentiel de coût entre la matière neuve et la matière secondaire, de même que les économies liées aux coûts de transport et de manutention. Le quotient résultant du coût annuel de fonctionnement selon la méthode actuelle divisé par les revenus ou économies annuels bruts anticipés (c'est-à-dire le différentiel entre les deux types de matières) correspond alors à la période de retour sur l'investissement. À cela doit s'ajouter un calcul

de la période d'amortissement si des installations doivent être mises en place pour le traitement. Une analyse de faisabilité économique positive dépendra donc de la période limite de retour sur l'investissement que l'entreprise s'autorise.

2.5.2 Financement disponible

Bien que les aides financières ne s'adressent pas encore directement aux démarches d'écologie industrielle, diverses sources privées ou publiques, spécialisées ou non, peuvent accompagner les entreprises dans leur innovation. Ces sources sont le Fonds d'investissement en développement durable via Cycle Capital, Bio-innovation, Investissement Québec, le Fonds de solidarité FTQ, Desjardins Capital de risque, la Banque de développement du Canada (BDC) ou Investissement Québec, peuvent accompagner les entreprises dans les différentes phases de leur croissance. Par ailleurs, certaines instances, comme la Caisse de dépôt et placement du Québec (CDP) et Fondaction privilégient les investissements responsables. Il est à noter toutefois que l'étape de démonstration du projet (mise à l'échelle et projet-pilote) est cependant la moins bien desservie en matière de financement (Ministère du Développement économique, Innovation et Exportation [MDEIE], 2008).

De plus, plusieurs programmes de subventions existent. Ceux-ci ne ciblent pas directement des projets d'écologie industrielle, mais leur résultat en efficacité énergétique, en amélioration du transport de marchandises (ex. : synergie de mutualisation), en valorisation de biomasse, en réduction des émissions de GES, par exemple. Les subventions disponibles doivent donc être étudiées en fonction des retombées potentielles des projets afin de s'assurer de dresser un portrait réel des coûts et des bénéfices. Par ailleurs, l'accord de subventions pourrait aussi stimuler le démarrage de projets d'écologie industrielle qui n'étaient jusqu'alors pas planifiés jusqu'à présent ou qui n'étaient pas jugés assez rentables.

Dans son plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques, le gouvernement du Québec a prévu des mesures de financement pour certains projets, comme :

- un programme de financement visant l'efficacité énergétique;
- des mesures pour favoriser l'implantation de projets intermodaux pour le transport de marchandises;

- un programme d'aide gouvernementale à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le transport des marchandises;
- des programmes d'aide pour le traitement de fumier ainsi que pour la valorisation énergétique des biomasses agricole, forestière et municipale (ex. : Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage);

Dans le cas de ce dernier programme, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a alloué en novembre 2009 un budget de 650 millions de dollars pour la réalisation de projets de biométhanisation et de compostage (MDDEP, 2009).

Par ailleurs, grâce à sa *Stratégie de développement de l'industrie québécoise de l'environnement et des technologies vertes*, le gouvernement provincial entend « faire de la protection de l'environnement un moteur de création de richesses, de compétitivité industrielle et de prospérité » (MDEIE, 2008, p.8). Selon cette publication, l'écologie industrielle s'inscrit sous le terme de « technologie verte » puisque ce terme englobe les technologies qui favorisent la diminution de l'utilisation des matières premières et des matériaux, la réduction de la consommation d'énergie, la récupération des sous-produits utiles, la réduction des émissions polluantes et des problèmes d'élimination des matières résiduelles (MDEIE, 2008).

2.6 Facteur organisationnel

Lors d'une étude de faisabilité d'un projet d'EI, le facteur organisationnel est souvent négligé, bien qu'il puisse constituer un levier ou un frein considérable. Par exemple, le facteur qui est probablement le plus important pour l'implantation d'une démarche d'EI sur un parc industriel est le fait d'y retrouver des acteurs fortement impliqués. En effet, une telle démarche est un processus évolutif qui nécessite du temps. Il est donc vital d'assurer un engagement fort et soutenu de la part des acteurs du réseau. Surtout lorsque les liens et les plateformes institutionnelles de réseautage sont faibles ou inexistants, un facteur essentiel est la coordination de la démarche. Cette coordination nécessite une entité dédiée, crédible et outillée afin de permettre un climat de confiance, de proximité et de communication. Elle doit favoriser la mise en place des facteurs organisationnels nécessaire en établissant des canaux de communication et en favorisant les contacts face à face entre les membres du réseau. Par ailleurs, une telle coordination permet de réduire

les coûts de transaction grâce à la centralisation de l'information au sein du réseau et par sa recherche de synergies potentielles (Starlander, 2003).

2.6.1 Culture de l'organisation

Même lorsque les critères de faisabilité technique, réglementaire et économique ont été validés, la mise en œuvre d'une démarche d'écologie industrielle dépend tout de même du facteur culturel, que ce soit de la culture des entreprises impliquées ou des individus. D'une part, une entreprise pourrait être méfiante par rapport à la démarche, mais surtout par rapport au partage d'information. À cet effet, la solution réside dans des accords de confidentialité, des logiciels sécurisés et même dans la possibilité de ne pas fournir les données concernant des flux stratégiques. L'important est de créer et de maintenir une culture de partage. D'autre part, l'approche systémique qui est utilisée en écologie industrielle nécessite une « forte interdisciplinarité qui n'est facilitée ni par la culture scientifique actuelle, ni par l'organisation des structures institutionnelles et économiques qui demeurent très sectorialisées et compartimentées » (Tranchant *et al.*, 2004, p.207).

Finalement, un autre aspect culturel devant être pris en considération est la perception des prestataires de traitement de matières résiduelles (ex. : Veolia, Waste Management). En effet, ceux-ci pourraient être méfiants d'une démarche d'écologie industrielle, car ils auraient peur qu'elle constitue une entrave à leurs activités. Dans ce cas-ci, la solution consisterait alors à intégrer ces prestataires dans la démarche.

2.6.2 Engagement de la direction

Dans notre système actuel, les entreprises sont principalement motivées par des résultats à court terme (Tranchant *et al.*, 2004). Par conséquent, le rôle des dirigeants pour déterminer des axes stratégiques favorisant l'émergence de projets d'innovation à moyen et long terme est primordial. La sensibilité des dirigeants à l'environnement et au développement durable a une incidence directe sur les décisions d'investissements dans ce domaine (Bansal et Roth, 2000 et Egri et Herman, 2000). Par ailleurs, comme en témoigne une étude portant sur les politiques environnementales réalisée auprès de plus de 600 entreprises américaines, les dirigeants ont tendance à sous-estimer les bénéfices des approches préventives sur la productivité de leur organisation (King et Lenox, 2002).

L'EI accorde autant d'importance à la valorisation des matières résiduelles qu'au produit lui-même. Cela remet en cause la « focalisation quasi obsessionnelle sur le produit »

(Erkman, 2004, p. 40). Il s'agit donc d'un changement de mentalité qui doit d'autant plus être supporté par la direction. En effet, « le leadership des dirigeants est nécessaire voire indispensable à la sensibilisation des employés et à leur implication environnementale » (Boiral, 2004, p. 7). D'ailleurs, la première mesure du système de gestion environnementale ISO 14 001 est l'engagement de la haute direction (Organisation internationale de normalisation, 2004b).

2.6.3 Collaboration avec d'autres industries

Un facteur essentiel à la mise en place de synergies sur un territoire est l'existence et la circulation de l'information sur le potentiel synergique d'un flux, c'est-à-dire que parmi les entreprises du territoire visé, il doit y avoir de l'information circulant sur les flux utilisés et générés par chacune d'entre elles (Adoue, 2007). Or, certaines entreprises ne souhaitent pas divulguer ce type d'information, considérant que cela relève du secret industriel. D'autres préfèrent ne pas divulguer tous leurs flux, puisqu'il s'agit d'information stratégique. À ce chapitre, la confiance et la coopération sont essentielles à la mise en œuvre de synergies d'écologie industrielle. Sans elles, le niveau d'échange de connaissances nécessaire pour faciliter une synergie est à la fois difficile et dispendieux à acquérir (Ehrenfeld et Gertler, 1997). De plus, sans cela les compagnies sont réticentes à partager avec d'autres entreprises et à modifier leurs habitudes et leurs procédés pour boucler leurs flux (Jensen *et al.*, 2011). La confiance peut également avoir une influence importante sur le développement de synergies sur un territoire puisqu'elle permet de préserver un niveau de relation où il est possible de développer et partager des connaissances et technologies (Murphy, 2006).

Enfin, la capacité d'innovation des entreprises d'un territoire est primordiale pour le développement futur de la région. La densité et le niveau d'interaction et de coopération à travers l'apprentissage intra et inter organisationnel d'une démarche d'écologie industrielle permettent de renforcer cette capacité d'innovation (Mirata et Emtairah, 2005). Ainsi, même si la distance physique entre deux partenaires d'une synergie peut être considérable, il semble que la distance psychologique, voire la perception de la distance physique, se réduit si une relation existe déjà entre les deux entreprises (Jensen *et al.*, 2011).

Par ailleurs, le management traditionnel met de l'avant la notion de compétition et de concurrence entre les entreprises. Or, l'écologie industrielle nécessite en plus une collaboration entre les entreprises pour identifier les flux et mettre en œuvre des synergies. Cette forme de mode de gestion « over-the-fence » est nécessaire pour assurer une gestion optimale des ressources (Erkman, 2004). Néanmoins, la collaboration des entreprises avec d'autres industriels nécessite une attention particulière afin d'assurer qu'il y ait une bonne compréhension des acteurs présents et de leurs relations. Ceci est nécessaire pour stimuler la motivation et l'intérêt des parties en cause (Adoue, 2011b).

3 RETOURS D'EXPÉRIENCES

L'étude de projets d'écologie industrielle permet de faire ressortir les forces et faiblesses dans le domaine. Ainsi, des projets en France, ailleurs en Europe de même qu'en Amérique du Nord sont présentés et analysés pour mettre en lumière les types d'approche, de coordination, le mode de financement, les outils utilisés, les indicateurs de performance et les liens avec les institutions académiques.

3.1 Projets en France

À la suite d'une conférence internationale sur l'écologie industrielle en 1999, à Troyes, plusieurs projets se sont formalisés sur le territoire. L'histoire du territoire français a une influence importante sur ces projets d'EI. En effet, à la suite de la Seconde Guerre mondiale, la France devait rebâtir le pays et elle a choisi de répartir les industries sur son territoire afin d'en uniformiser le développement. Dans les années 1990, une décentralisation des pouvoirs a permis de donner plus de compétences aux collectivités. À cette même époque, la notion de développement durable a été imposée aux projets de développement territoriaux. Ainsi, des industries réparties sur le territoire, un pouvoir de décision au niveau local et des contraintes de DD ont créé un climat favorable à l'implantation de projets d'écologie industrielle. À cela s'ajoute le contexte politique et réglementaire. En effet, les lois de Grenelle qui ont été votées en 2008 et 2009 ont établi d'importants objectifs environnementaux comme l'augmentation à 20 % de la part d'énergies renouvelables du mix énergétique français d'ici 2020. D'autres règlements ayant un impact direct sur les industriels ont été adoptés comme un règlement institutionnalisant le principe de pollueur payeur, désormais inscrit dans la *Charte de l'Environnement* adossée à la Constitution française. Ces engagements politiques et réglementaires favorisent une conscience environnementale accrue chez la plupart des industriels français.

3.1.1 Ecopal – Dunkerque

Ecopal est une association qui regroupe aujourd'hui 286 adhérents, soit des entreprises, collectivités locales, institutions, société civile et associations. Il y a 81 % des entreprises qui comptent moins de 50 employés et seulement 6 % qui en comptent plus de 200. Ces entreprises sont issues de secteurs très variés comme le commerce, l'agroalimentaire, l'imprimerie, la chimie et la construction. Depuis 2009, le territoire concerné comprend un rayon de 70 km autour du bassin dunkerquois alors qu'au départ, il ne s'agissait que de la

zone industrielle (ZI) de Grande-Synthe. L'élargissement du territoire a permis d'augmenter le nombre d'adhérents et donc le potentiel de synergies. Son objectif est de favoriser le développement durable local en sensibilisant les entreprises au concept d'écologie industrielle, en leur proposant de développer des projets concrets et en orchestrant des synergies entre ses membres. Pour ce faire, Ecopal reçoit un soutien financier et technique de ses partenaires (CUD, CCI Côte d'Opale, Clubs d'entreprises de ZI, Dunkerque Promotion, Conseil Général du Nord, Conseil Régional, ADEME, DRIRE, CERDD, CPIE, Agur, Orée) en plus des cotisations de ses membres. Ecopal a été un des pionniers en France en écologie industrielle et son retour d'expérience avec le projet COMETHE de l'Agence nationale de la Recherche pour lequel le bassin dunkerquois était une zone pilote a permis de concevoir et d'améliorer des outils méthodologiques afin d'inciter d'autres territoires à implanter l'écologie industrielle.

La méthode utilisée pour identifier des synergies est de faire une analyse des flux entrants et sortants de ses membres. Lorsque les entreprises se joignent au réseau, la méthodologie d'Ecopal est de recueillir systématiquement leurs flux entrants et sortants. Cette méthodologie a d'ailleurs été adoptée à la suite du projet de recherche COMETHE. Dans le cadre de ce projet, environ 5 000 flux ont été identifiés auprès de 150 entreprises, dévoilant grâce au logiciel Prestéo un potentiel pour une trentaine de synergies de substitution (ex. : méthanisation, vapeur, réutilisation d'eau de pluie, réutilisation d'acides) et plusieurs mutualisations. Par exemple, un projet de mutualisation de la destruction d'archives a été implanté. L'optimisation des bennes et les gains générés par la valorisation du papier permettent de couvrir les frais de transport et de location de bennes, rendant ce projet gratuit pour les participants. En 2010, Ecopal estimait que les différentes collectes mutualisées ont permis des économies annuelles de 79 200 € (111 000 $) et de 10 tonnes de CO_2 (Ecopal, 2010b).

Toutefois, les outils issus du projet COMETHE sont peu utilisés par manque de temps de la part de l'équipe. De plus, l'association n'utilise plus Prestéo, mais une base de données interne (Ricart, 2011). Ainsi, des tableurs Excel sont utilisés pour assurer le suivi des projets et des clients. Cependant, des travaux sont en cours pour consolider un logiciel de gestion plus efficace à partir des outils existants. Lorsqu'il s'agit de mesurer l'avancement ou les résultats, très peu de mesures sont en place. Les entreprises divulguent difficilement leurs données économiques, par souci de confidentialité, mais surtout parce

qu'elles manquent de connaissances sur leurs propres dépenses. L'acquisition de données plus exhaustives, économiques et environnementales, mais aussi sociales (création/maintien d'emplois) permettrait une promotion du programme d'Ecopal encore plus vigoureuse.

Dunkerque est le troisième port français en importance et constitue l'une des zones les plus fortement industrialisées en France. Cette densité industrielle, principalement d'industries lourdes (sidérurgie, métallurgie, pétrochimie, chimie, production d'énergie), mais également près de 800 PME-PMI, et sa proximité avec les zones résidentielles a fait ressortir l'importance des enjeux environnementaux et de développement durable plus directement qu'ailleurs en France. Avant le lancement du projet, les entreprises et collectivités locales du Dunkerquois avaient déjà entrepris des démarches poussées de développement durable depuis les années 1990. Cette dynamique préexistante liée au contexte territorial du Dunkerquois a donc facilité le regroupement des différentes parties prenantes autour du projet d'Ecopal. Par ailleurs, la densité et la diversité du tissu industriel ont constitué deux importantes conditions de la faisabilité de cette démarche (Centre de ressource du développement durable, 2010).

3.1.2 Club d'écologie industrielle de l'Aube – Troyes

Le Club d'écologie industrielle de l'Aube est une association qui regroupe une vingtaine d'adhérents à travers le département, que ce soient des entreprises, institutions, collectivités, représentations professionnelles, académiques ou de recherche. Son objectif est de favoriser un développement à long terme en portant une réflexion sur le développement économique et l'aménagement du territoire, un enjeu majeur qui touche la plupart des grandes zones périurbaines des pays industrialisés. Le Club vise aussi à sensibiliser ses membres à la gestion environnementale et à l'écologie industrielle. À cet effet, chaque entreprise adhérente doit fournir des informations quantitatives et qualitatives par rapport à l'ensemble de ses flux, entrants et sortants. La cotisation annuelle est de 150 € à 300 € (210 à 420 $), selon le statut de l'adhérent. Cette cotisation donne entre autres accès au logiciel Prestéo, un outil informatique permettant d'identifier les synergies potentielles ayant pour but de maximiser les gains économiques et de minimiser les impacts environnementaux.

Un premier exemple de synergie réalisée est celui de Cristal Union, qui regroupe des agriculteurs de betteraves, et APPIA Champagne, une filiale d'EIFFAGE Travaux publics spécialisée dans la construction de routes. APPIA nécessite de 400 000 à 500 000 tonnes de sable annuellement dans l'Aube, alors que le nettoyage des betteraves par Cristal Union produit un résidu de sable à hauteur de 6000 à 12 000 tonnes, selon les années (Brullot, 2011b). La synergie a donc permis de substituer une partie du sable utilisé par APPIA au résidu de sable de Cristal Union, générant ainsi une économie de ressources d'une part et une réduction de matières destinées à l'enfouissement d'autre part.

Un autre exemple est celui d'AT France, un producteur d'andouillette. Dans ce cas, les principales dépenses se situaient au niveau du rejet des graisses en équarrissage et de la facture de gaz. Or, un investissement de 900 000 € a permis à AT France d'acheter une chaudière pouvant produire de l'énergie à partir des graisses et un système de traitement des eaux pour récupérer le gras plutôt que de rejeter des eaux grasses à la station d'épuration. Cet investissement s'est traduit par une économie de 100 % sur les frais d'équarrissage grâce à la valorisation énergétique des graisses, de même qu'une économie de 30 % sur la facture de gaz. À ce moment, AT France avait un surplus énergétique et a opté pour l'ajout d'une blanchisserie dans son enceinte. Cet ajout génère une économie annuelle de 15 000 € par rapport à l'envoi en sous-traitance des vêtements souillés des employés (Brullot, 2011b). En plus de réaliser d'importantes économies, AT France a réduit ses impacts environnementaux et réduit sa vulnérabilité aux entreprises sous-traitantes.

Les objectifs du Club d'écologie industrielle sont alignés sur les principes du développement durable. En effet, la réduction des impacts environnementaux y a autant d'importance que la maximisation des gains économiques dans la recherche de synergies. Toutefois, une certaine réticence a été expérimentée par la coordination du Club quant à la divulgation des flux. Pour y remédier, des accords de confidentialité ont été signés dans certains cas afin de stimuler la participation. Par ailleurs, il est à noter que les flux qui pourraient constituer un secret industriel ne sont pas essentiels dans le cadre d'une démarche d'écologie industrielle puisque l'entreprise concernée risque d'être la seule à s'en servir. Sa non-divulgation n'entrave donc pas la recherche de synergies (Adoue, 2011b). Un autre défi qu'a dû affronter le Club était le manque de connaissance entre ses membres. En effet, il n'y avait pas de dialogue entre les industriels et par conséquent peu

de connaissances du tissu industriel. De plus, les filières de valorisation et la bourse aux déchets étaient mal connues et peu utilisées. L'émergence de leaders de la démarche du côté des industriels, du conseil général, de la Chambre de commerce et d'industries ainsi que du centre de recherche universitaire (CREIDD) a permis d'instaurer un projet de façon plus informelle au départ, n'intimidant pas les industriels. Ensuite, la mise en place rapide de la synergie du sable de betteraves et la divulgation des résultats a permis d'accroître l'intérêt des parties prenantes pour ce projet territorial.

3.1.3 Club des Entreprises du Parc Industriel de la Plaine de l'Ain

Le Parc de la Plaine de l'Ain est un parc industriel certifié ISO 14001 et EMAS (Environmental Management Audit System) qui couvre environ 900 hectares et qui regroupe 125 entreprises, soit des PMI et PME du secteur des grandes productions automatisées, de la logistique et de la recherche & développement. Le Club des Entreprises est une association composée de chefs d'entreprises du parc industriel et comporte une soixantaine d'adhérents. L'objectif du Club est d'identifier les besoins communs d'améliorations du parc et développer la communication interentreprises afin de favoriser le développement du parc industriel. Les activités sont principalement d'ordre ludique ou sportif, mais certains projets sont à saveur environnementale. Par exemple, des investissements ont été faits pour créer des services communs de gestion des déchets, d'épuration des eaux, de réseaux d'assainissement et de dispositifs de surveillance de la nappe phréatique. Toutefois, certains projets ont dû être abandonnés, car non rentable, comme un projet de chaudière à bois qui ne pouvait concurrencer les tarifs de Gaz de France (Brullot, 2011b).

Le Club des Entreprises a des répercussions environnementales liées à l'obligation d'amélioration continue de la certification ISO 14001, mais il s'agit plutôt d'un projet favorisant la communication entre les entreprises, et ce, grâce à des sorties récréatives, des activités ludiques ou sportives. Les bénéfices pour les membres du Club sont l'accès à des formations collectives, des tarifs négociés et des achats groupés. Il s'agit d'un projet pour générer des économies et pour améliorer l'attractivité du territoire afin d'attirer une main-d'œuvre de qualité. Les objectifs principaux ne sont donc pas liés à l'environnement, ce qui explique qu'il n'y ait pas d'analyse systématique des flux, bien qu'une base de données en environnement et sécurité existe. Cependant, bien que l'écologie industrielle soit habituellement évaluée en fonction du nombre de synergies mises en place et des

quantités de matières et/ou d'énergie économisées, ces indicateurs, bien que puissants, peuvent être limités lorsqu'une région ne présente que peu de complémentarités techniques à un moment donné. Or, le Parc Industriel de la Plaine de l'Ain est en plein essor et compte accroître son nombre d'entreprises dans les prochaines années.

3.2 Projets ailleurs en Europe

Le cas de Kalundborg, au Danemark, est aujourd'hui généralement considéré comme le cas le plus fructueux et le plus mature d'écologie industrielle sur un territoire à cause de la longévité et du nombre de symbioses mises en place, comme le représente la Figure 3.1.

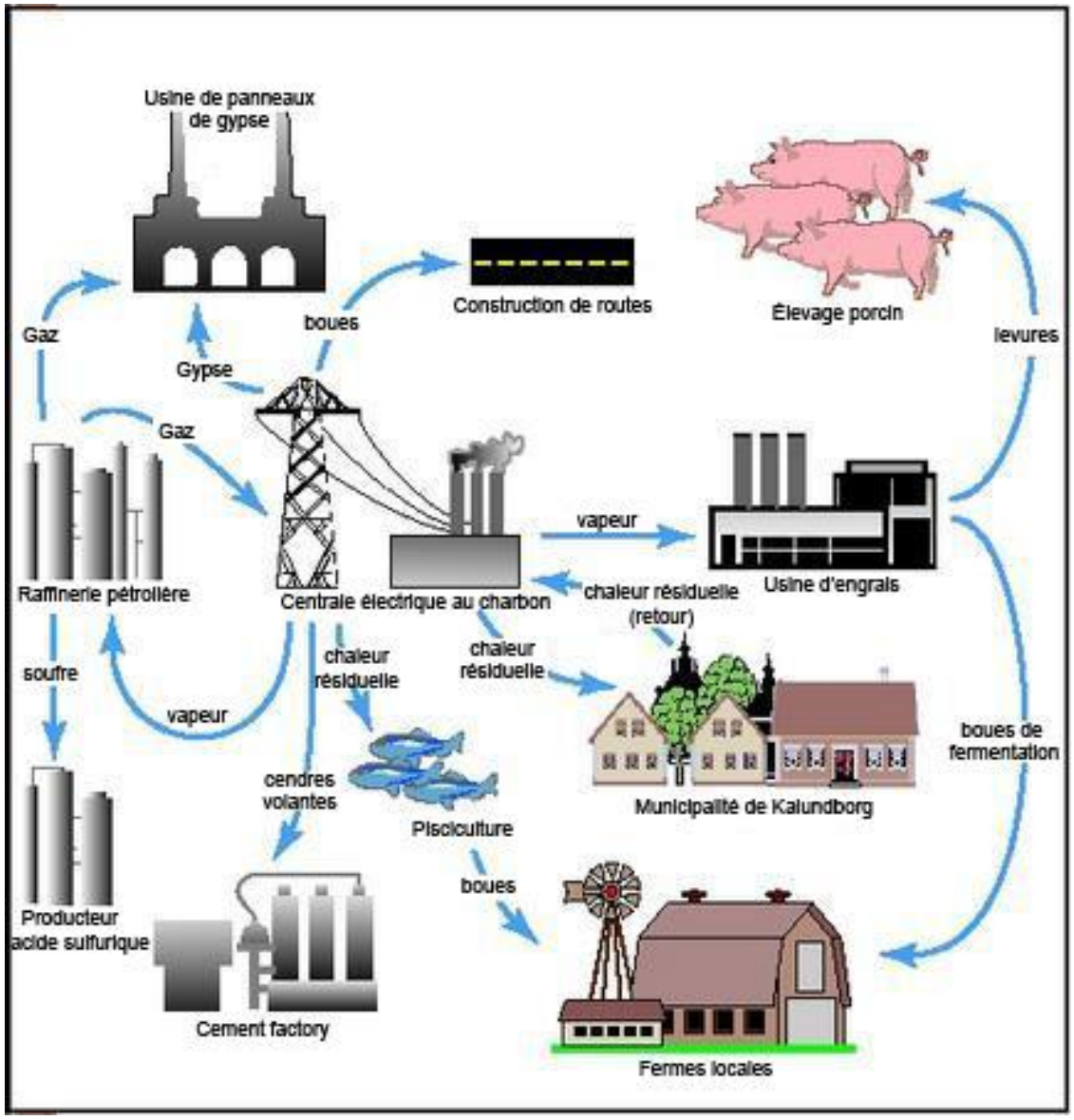

Figure 3.1 Schéma de la symbiose de Kalundborg, Danemark (adapté de Mirata, 2005)

À Kalundborg, la réglementation environnementale avait constitué l'élément déclencheur du développement de relations et de collaborations entre les entreprises de ce site dès les années 1960 (Brings Jacobsen, 2006; Ehrenfeld et Gertler, 1997). Toutefois, le développement de ce réseau est le fruit d'une démarche longue et en constante évolution, bien qu'issue d'un mouvement de départ spontané. Son succès est attribuable aux conditions favorables préexistantes, comme le niveau de confiance entre les chefs d'entreprises et l'absence de concurrence (Duret, 2004), rendant difficile, voire impossible la transposition d'un tel réseau à d'autres régions. Les cas présentés ci-dessous ont été sélectionnés pour refléter des développements plus actuels avec un potentiel de reproductibilité plus élevé.

3.2.1 Landskrona Industrial Symbiosis Program (LISP) – Suède

Le programme de symbiose industrielle de Landskrona est un projet-pilote lancé par l'International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE) de l'Université de Lund qui commencé en 2002. Le programme regroupe, dans un rayon de 4 km, le programme regroupe 3 organismes publics ainsi que 19 entreprises industrielles des secteurs variés comme la chimie, la gestion de matières résiduelles, la métallurgie, l'imprimerie, le transport et la logistique. De ces 19 entreprises, 18 d'entre elles comptaient moins de 250 employés. Ce projet était principalement financé par la municipalité de Landskrona et par l'Agence nationale pour le développement économique (NUTEK), mais les entreprises participantes ont également versé une contribution afin d'assurer leur participation active au projet. L'objectif de la municipalité était de relancer l'économie locale, créer de l'emploi et réduire les impacts environnementaux. Cet objectif était complémentaire à celui des entreprises et consistait à augmenter leur avantage concurrentiel par la recherche de collaboration afin de réduire leurs coûts de gestion environnementale, leurs coûts opérationnels, de développer de nouvelles sources d'affaires et de revenus, ainsi que d'améliorer leur image quant à leur performance environnementale.

La méthodologie utilisée consistait d'abord à faire une analyse exhaustive du territoire tout en sensibilisant les acteurs visés. Dès 2003, ce portrait de départ du territoire et de ses synergies potentielles a commencé par des entrevues et des activités de sensibilisation auprès des acteurs, comme un séminaire commun, des groupes de travail thématiques, des déjeuners-conférences et des visites d'entreprises. Cette importante mobilisation a

stimulé les interactions entre les entreprises, favorisé un climat de confiance et d'entraide (Mirata, 2005). Ensuite, les entreprises ont rempli un questionnaire électronique, puis ces données ont été analysées et des études approfondies ont été lancées dans les secteurs les plus prometteurs. Les principales synergies identifiées relevaient du domaine de l'énergie, de l'eau, des matériaux et produits chimiques, des combustibles alternatifs, de la logistique et des pratiques de gestion. Par exemple, la chaleur résiduelle de deux entreprises a permis de créer un réseau de chaleur (*district heating*), réduisant ainsi l'utilisation de ressources non renouvelables pour le chauffage et réduisant d'autant les impacts environnementaux et les coûts. Cependant, certaines synergies potentielles n'ont pu être mises en œuvre puisqu'elles ne répondaient pas aux critères de rentabilité économique. Par exemple, bien qu'il soit techniquement possible de réutiliser les eaux usées traitées ou encore de récupérer et réutiliser l'acide sulfurique, les coûts dépassent le recours à une matière neuve (Mirata, 2005). Toutefois, étant donné les fortes valeurs environnementales en Suède, plusieurs compagnies se disaient prêtes à accepter un retour sur investissement jusqu'à 50 % plus long si les bénéfices environnementaux étaient significatifs (Mirata, 2005).

Plusieurs facteurs ont favorisé la réussite de ce projet. D'abord, la municipalité de Landskrona exerçait depuis 30 ans déjà une forte pression pour que les entreprises de la ville améliorent leurs performances environnementales à la suite de problèmes environnementaux sévères dans les années 1960 et 1970 dus à la production massive de fertilisants et d'acide sulfurique. De plus, l'IIIEE avait déjà réalisé un projet portant sur les méthodes de production propre entre 1987 et 1989 avec certaines des compagnies concernées, établissant par le fait même un premier contact avec elles. Onze compagnies étaient déjà certifiées ISO 14001 alors que les autres étaient en processus de certification ou avaient manifesté un intérêt. Les entreprises étaient donc déjà très sensibilisées aux questions environnementales. Par ailleurs, certaines entreprises s'étaient déjà mises en relation de façon spontanée avant le début du projet. Il est à noter qu'à Landskrona la tourmente économique des années 1980 semble avoir engendré une certaine solidarité entre les entreprises et la communauté locale (Starlander, 2003). Sans être un facteur de réussite, cet aspect pourrait avoir joué un rôle dans les interactions entre les parties prenantes.

Un autre facteur intéressant est que tous les participants ont pris part à un groupe de discussion sur les défis environnementaux en début de projet. Cet exercice a permis d'établir une base commune de compréhension et un engagement collectif envers un objectif commun. De plus, ce séminaire les a menés à réfléchir à la gestion environnementale de manière collective plutôt qu'individuelle. En ce qui concerne la pérennité du projet, une série d'entrevues réalisées seize mois après le début du programme souligne que l'appréciation de l'innovation générée par le projet a été un des éléments qui a contribué à l'envie des entreprises de continuer à prendre part à ce réseau (Mirata et Emtairah, 2005; Mirata, 2005).

3.2.2 NISP – Royaume-Uni

Le National Industrial Symbiosis Programme (NISP) est une initiative du secteur privé (Business Council for Sustainable Development UK) encadrée par la firme International Synergies. Au départ, il s'agissait de programmes régionaux qui ont été regroupés en 2005 sous le programme national pour faire la promotion de relations interentreprises en écologie industrielle, ici nommées symbioses industrielles. En plus de la promotion des symbioses industrielles, ses objectifs sont d'uniformiser le développement des programmes régionaux et de faciliter la communication et les interactions entre les régions. En février 2010, le NISP, une association autonome et structurée, comptait 13 000 compagnies membres réparties à travers 12 régions du Royaume-Uni, soit en Angleterre, Écosse, Pays de Galles et Irlande du Nord. Pour l'ensemble du projet (sauf pour l'Irlande du Nord), le financement provient de l'organisme gouvernemental à but non lucratif *Waste & Resources Action Programme* (WRAP). En Irlande du Nord, c'est Invest Northern Ireland, une agence de développement d'affaires régional (*Regional Business Developement Agency*) qui assure le financement.

Dans ce programme, le rôle des praticiens (ou coordonnateurs) est essentiel. Ils interviennent tout au long du projet (NISP, 2011b) :

1. Bâtir le réseau : recruter de nouvelles entreprises de grosseurs, locations et secteurs divers par la participation à des événements et conférence, le réseautage auprès d'associations d'affaires et de marketing ciblé.
2. Sessions de travail gagnantes : stimuler la participation des entreprises de tous les secteurs et faciliter les échanges d'information concernant leurs besoins et acquis.

3. Cartographie des ressources : enregistrer les ressources acquises et les ressources nécessaires des participants discutées lors des sessions de travail pour faciliter les synergies potentielles entre les membres.
4. SYNERGie Management System : utilisation de cet outil informatique pour sauvegarder les données concernant les ressources ainsi que les coordonnées.
5. Facilitateur de synergies : identifier les synergies potentielles, établir le contact entre les entreprises concernées et faciliter les négociations. Fournir un rapport (*Synergy Summary Report*) à chaque partie détaillant les retombées économiques et environnementales attendues de la synergie.
6. Synergies mises en œuvre et résultats : préparer un rapport sur les résultats générés par la synergie (*Outputs Report*) qui est ensuite signé par les parties.

La méthodologie utilisée pour identifier les synergies consistait initialement à recueillir des données préliminaires uniquement auprès des entreprises ouvertes à prendre part à un projet de symbiose industrielle. L'analyse de ces données se faisait grâce à un outil de base de données initialement créé par l'IIIEE pour le projet permettant d'identifier les symbioses potentielles. Cette méthodologie s'est ensuite raffinée pour recueillir systématiquement des données sur les flux entrants et sortants des entreprises membres. L'outil d'analyse a également évolué pour devenir une base de données centrale du NISP nommée le CRISP (*Core Resource for Industrial Symbiosis Practitioners*), puis sa version améliorée SYNERGie Management System. Avec CRISP, l'accès en ligne était ouvert à tous les membres via un code sécurisé (Jensen *et al.*, 2011). Toutefois, la piètre qualité des données ainsi recueillies de même que l'énorme besoin de formation auprès des membres ont mené le NISP à limiter l'accès de SYNERGie aux coordonnateurs locaux afin qu'ils agissent comme un filtre pour assurer la conformité des données (Laybourn, 26 octobre 2011). Par ailleurs, les données enregistrées sont géoréférencées grâce à un système d'information géographique (SIG), permettant de savoir immédiatement les distances concernées lors de l'étude d'une synergie potentielle. Aujourd'hui, bien que chaque membre du NISP ne soit pas engagé activement dans une synergie, tous ont contribué au projet en fournissant de l'information sur leurs flux de ressources et d'énergie qui ont été ajoutés à SYNERGie. Lorsqu'une synergie potentielle est identifiée, les industriels sont mis en contact pour travailler sur les possibilités de synergies de manière autonome. Un bureau privé quantifie les bénéfices environnementaux, sociaux et économiques, permettant du même coup d'intégrer les principes du développement durable. Ainsi, d'avril 2005 à décembre 2010, le NISP a permis de (NISP, 2011a) :

- Détourner de 7,6 millions de tonnes de résidus industriels destinés à l'enfouissement
- Générer 177 millions £ (283 millions de $) en ventes supplémentaires pour ses membres
- Réduire de plus de 6,8 millions de tonnes les émissions de CO_2
- Faire épargner plus de 170 millions £ (272 millions de $) à ses membres
- Éliminer plus de 399 000 millions de tonnes de matières dangereuses
- Créer et maintenir 2512 emplois
- Économiser plus de 10,4 tonnes de matériaux vierges utilisés au Royaume-Uni
- Économiser plus de 12,4 millions de tonnes d'eau industrielle

Il est important d'étudier le contexte de la création du NISP. Au départ, plusieurs initiatives régionales similaires oeuvraient déjà pour faciliter le maillage industriel à travers des symbioses d'écologie industrielle. La création du NISP est venue regrouper ces bureaux régionaux, tout en laissant beaucoup de place à l'initiative locale dans leur schéma de gouvernance. Ceci permet aux projets d'évoluer en fonction des contextes géographiques et socio-économiques de chacune des douze régions tout en préservant une cohérence avec l'économie et la politique nationale, comme les incitatifs fiscaux. Par ailleurs, le système politique du Royaume-Uni est de type parlementaire, comme au Canada, avec une politique économique favorisant le développement durable soutenue par des incitations économiques et des taxes comme la *Landfill Tax* et le *Climate Change Levy*. De plus, des politiques incitatives visant l'augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables, la réutilisation des déchets et le recours à des carburants de substitution sont en place. Enfin, les *Regional Development Agencies* allouent des subventions favorisant le développement durable. Les retours d'expérience positifs des premiers projets-pilotes en plus de ces incitatifs financiers ont créé un contexte favorable à l'écologie industrielle au Royaume-Uni

Un élément intéressant dans le cas du NISP est le « non-facteur » de la distance. En effet, le nombre d'entreprises est très élevé et elles sont réparties sur l'ensemble du pays, bien que plus de 90 % des synergies se déroulent à l'intérieur d'un rayon de 75 miles (environ 120 km) (Jensen *et al.*, 2011). Cela démontre qu'un projet d'écologie industrielle peut être fructueux même à l'échelle nationale. La grande ouverture du NISP à la création de liens, d'interactions et d'innovations entre les industriels a permis de créer la plate-forme de

partage et d'échange nécessaire à la réalisation des symbioses. Évidemment, la bonne volonté des entreprises et surtout la rentabilité demeurent le cœur de leur mise en application.

3.2.3 IIMFM (Allemagne) Inter-Industrial Materials Flow Management Rhine-Neckar Experience (AGUM), Germany

Ce projet a débuté dans le cadre d'une recherche menée par des chercheurs de l'Institut d'analyses éco-industrielles (IUWA), situé à Heidelberg en Allemagne. Inspirés du cas de Kalundborg au Danemark, ils ont créé un projet-pilote de création d'une symbiose industrielle sur le site d'Heidelberg-Pfaffengrund, une zone industrielle préexistante représentative des zones industrielles en général, afin de rendre les résultats de leur projet le plus transposable à d'autres sites. Ainsi, il s'agissait d'un site d'environ 93 ha qui s'était développé sur des décennies et qui était constitué majoritairement de PME des secteurs de la métallurgie, la chimie, l'électronique et des pâtes et papiers. Il n'y avait pas sur ce territoire un contexte environnemental particulier ni de relations préétablies entre les industriels. L'étude préliminaire s'est déroulée de 1996 à 1998. Il en est ressorti que le nombre limité d'entreprises de cette zone industrielle (14 entreprises participantes sur la trentaine présente) nuisait à la recherche de synergies et la zone d'étude a été élargie à la région industrielle du Rhine-Neckar en 1999. En effet, seulement quatre types de synergies ont été mises en place, ou du moins testées, puisque seulement deux d'entre elles ont perduré, soit la mutualisation du transport de palettes de bois et la mise en œuvre d'une plateforme de collecte et d'analyse de données en gestion de matières résiduelles. Cette plateforme a d'ailleurs permis à environ 70 % des membres du projet, qui devaient payer 10 000 DM (7 230 $) pour leur participation, d'avoir un retour sur investissement de moins d'un an (Sterr et Ott, 2004).

À cette étape, une table ronde nommée *Arbeitsgemeinschaft Umweltmanagement* (AGUM) a été créée pour formaliser ces échanges d'information. Financé par les fonds publics, le réseau AGUM s'est développé pour accueillir davantage d'entreprises industrielles, mais aussi des fournisseurs de service et des entreprises spécialisées en recyclage. Son objectif était de promouvoir le développement et l'implantation de solutions environnementales en fournissant un terreau fertile à l'innovation environnementale sur le plan technique et organisationnel, en plus de favoriser la mise en œuvre de synergies. Pour atteindre ces objectifs, des partenaires de l'IUWA et l'Université de Mannheim ont

développé une base de données Access de gestion des matières résiduelles permettant de répondre aux besoins individuels d'entreprises quant à leur besoin d'information et d'analyses sur ces matières aussi bien qu'à leur besoin de partage d'information entre elles et de coordination. Cette base de données était jumelée à un logiciel (Umberto) comprenant un système d'information géographique (SIG) afin d'optimiser les flux de matières en fonction des coûts, des quantités et des distances de transport. Afin de continuer l'expansion de son réseau, AGUM s'est ensuite restructuré comme organisation à but non lucratif en 2003 pour devenir UKOM, acronyme allemand pour « Centre de compétences environnementales de la région du Rhine-Neckar ».

Un élément-clé de ce projet est son objectif de départ de vérifier si une région industrielle, où aucun facteur particulier n'est présent, peut développer une symbiose industrielle grâce à un catalyseur extérieur au système industriel plutôt qu'à un mouvement spontané, comme dans le cas de Kalundborg. Il en ressort que le niveau régional était le plus approprié pour ce type de projet puisqu'il permettait un potentiel plus élevé pour le bouclage de flux et la redondance de ces boucles, favorisant un système plus stable. Toutefois, un inconvénient du niveau régional est que la communication interentreprises et la transparence sur les matières résiduelles sont plus difficiles. Ce projet a aussi mis en lumière la nécessité pour minimalement deux types d'outils soient :

- Une plateforme de communication interentreprises pour les experts et les gestionnaires afin de créer et stimuler une confiance mutuelle entre les parties prenantes de même que pour discuter et préparer des actions coordonnées;
- La mise à disposition de données fiables et peu coûteuses pour les entreprises afin de stimuler des actions coordonnées.

Ces outils sont nécessaires puisque les entreprises se concentrent entièrement sur l'atteinte de leurs objectifs et ne réalisent pas nécessairement que leurs résidus peuvent être semblables à ceux d'une entreprise avoisinante et qu'elles partagent des problèmes et des responsabilités liés à la gestion de matières résiduelles presque identiques. Par ailleurs, une région éco-industrielle stable émerge « rarement comme le résultat d'une planification ambitieuse de la part des autorités régionales, mais se développe plutôt grâce à une fondation solide basée sur une information complète et transparente » (Sterr et Ott, 2004, p. 963). Finalement, ce projet de l'IUWA a mis en évidence qu'une démarche régionale permet d'améliorer la gestion de matières résiduelles tout en gardant une

dimension humaine où les employés ont la capacité de contribuer au développement de leur région de manière durable. Le

Tableau 3.1 met en évidence les différences entre les deux échelles de territoire expérimentées.

Tableau 3.1 Comparaison des particularités liées à l'échelle du territoire

Site industriel de Heidelberg-Pfaffengrund	**Région industrielle du Rhine–Neckar**	
	Avantages additionnels de l'échelle régionale	*Défis à l'échelle régionale*
- Facilité de contact en personne - Territoire commun - Distances courtes entre partenaires potentiels - Petites à moyennes entreprises - Transparence totale de tous les types de résidus	Plus grand nombre et variété d'acteurs - Augmentation de l'offre et de la demande - Augmentation de partenaires potentiels pour des synergies - Augmentation de la redondance Davantage d'économies d'échelle - Effet de marché - Amélioration de la viabilité économique des procédés de bouclage - Création de nouvelles avenues de récupération Transparence complète des flux de matières - Meilleure utilisation des installations de récupération existantes - Facilite et augmente la demande pour des matières premières secondaires - Possibilité d'affaires pour de nouveaux spécialistes du recyclage	Distances plus grandes entre les partenaires potentiels - Augmentation des coûts - Augmentation du nombre d'intérêts divergents - Augmentation de la complexité logistique Augmentation de l'importance des communications indirectes - Augmentation de la complexité des communications - Augmentation du coût des communications - Nécessité d'une structure centralisée pour coordonner l'information Augmentation du besoin pour des outils de bases de données - Augmentation des coûts de gestion du système - Augmentation du niveau de compétence nécessaire

Tiré de Sterr et Ott, 2004, p. 955

3.3 Projets en Amérique du Nord

En Amérique du Nord, quelques projets ont vu le jour lors des années 1990. À cette époque, le contexte politique et économique, et plus particulièrement les politiques adoptées sous la présidence de Bill Clinton, a stimulé l'essor de l'écologie industrielle.

3.3.1 Industrial Ecosystem Development project (IEDP) – Caroline du Nord

Le projet *Industrial Ecosystem Development* s'est déroulé dans la région de Raleigh, en Caroline du Nord, qui couvre 6 comtés et représente plus d'un million d'habitants. Sur ce territoire, 182 entreprises des secteurs pharmaceutiques, informatiques, de télécommunication et d'équipements industriels sont présentes. Essentiellement financé par l'agence américaine pour la protection de l'environnement (US EPA), il a été lancé et réalisé par le *Triangle J Council of Governments* (TJCOG), un organisme de développement économique et de planification locale pour la région « J ». Le projet a fait l'objet de deux phases, soit de 1997 à 1999 puis de 2000 à 2002. La première partie du projet visait à établir un état des lieux des partenariats interindustriels potentiels alors que la deuxième phase avait pour objectif l'économie d'énergie par la création de synergies.

Pour compléter l'état des lieux, des questionnaires ont été envoyés à 343 industriels cherchant à réduire leurs coûts d'utilisation des ressources et d'élimination des déchets. Ensuite, des entrevues ont été menées auprès des 182 entreprises qui ont renvoyé le questionnaire. Les données récoltées ont été comptabilisées dans une base de données avec un système d'information géographique (SIG). Toutefois, cette base n'était accessible que pour les coordonnateurs du projet, pas pour les entreprises. Cette première phase a permis l'identification de 49 matériaux présentant un potentiel synergique, dont douze (c'est-à-dire : l'acétone, le carbone, les déshydratants, l'acide chlorhydrique, le méthanol, les emballages, les sacs plastiques, l'hydroxyde de sodium et les résidus de l'industrie du bois) présentaient de réelles opportunités. De plus, des opportunités de partenariats ont été identifiées pour 48 % des entreprises participantes. Huit synergies ont été mises en oeuvre sur le terrain et elles ont généré des bénéfices s'élevant à 221 516 USD par an pour les entreprises concernées. De plus, ces partenariats ont diminué les émissions de gaz à effet de serre d'environ 56,14 t éq. CO_2 par année (Kincaid, 1999).

Un exemple de synergie de substitution est celui entre un fabricant de pièces automobiles et un laboratoire. Les deux entreprises utilisaient des vêtements de travail; or le laboratoire ne pouvait réutiliser ses vêtements pour des raisons règlementaires, même s'ils étaient en bon état. Une entente a alors été conclue pour vendre les vêtements usagés au fabricant pour 1 USD chacun, lui évitant de les acheter neufs à 3,75 USD, et rapportant annuellement 40 000 USD au laboratoire tout en réduisant les impacts environnementaux

des deux entreprises (Kincaid, 1999). Malheureusement, ce partenariat pourtant lucratif pour les deux entreprises a cessé après un an lorsque le laboratoire a suspendu ses activités nécessitant des vêtements de travail. Cet exemple démontre l'importance de la redondance des flux pour assurer la stabilité du système.

Lors de la seconde phase, l'analyse a porté sur les réductions énergétiques de huit zones (quatre en activité et quatre en développement) pour les installations industrielles, commerciales et institutionnelles en se basant sur la réutilisation de la matière à travers des partenariats interorganisationnels. À cet effet, une importante part du budget a été allouée à une étude portant sur les différentes options de compostage sur un site industriel.

Le contexte politique favorable sous l'Administration Clinton a permis l'essor de ce projet. En effet, le *Business Council for Sustainable Development* (US BSCD) avait lancé en 1996 un programme visant l'expérimentation de démarches d'écologie industrielle sur des parcs d'activités. Le projet *Industrial Ecosystem Development* s'inscrivait donc dans la continuité de ce type d'initiative. Toutefois, le non-renouvellement du financement de la part de l'US EPA, une agence qui a subi d'importantes restructurations liées aux compressions budgétaires de l'Administration Bush, a mis fin au projet qui dépendait de ce financement public. Par ailleurs, le fait que les entreprises participantes n'avaient pas accès à la base de données mise en place a empêché le projet d'évoluer hors du financement public. En ce qui concerne la sensibilité des entreprises à l'environnement, il est à noter que l'équipe du projet a choisi des entreprises qui avaient déjà publié des rapports concernant l'impact environnemental de leurs activités, signifiant qu'elles étaient minimalement sensibilisées.

3.3.2 Parc industriel Burnside – Halifax

Le projet de transformer le parc industriel Burnside, un site où se trouvent environ 1500 entreprises de divers secteurs, en un bassin d'écologie industrielle (*Industrial Park as an Ecosystem*) a débuté en 1992 grâce à une initiative de recherche multidisciplinaire de l'Université Dalhousie. À cette époque, un sondage conduit auprès de 275 entreprises du parc industriel a permis d'identifier le besoin de créer un mécanisme permettant d'approcher, mobiliser et engager les entreprises dans une démarche de gestion environnementale, et plus particulièrement d'éco-efficience. Comme le démontre le

Tableau 3.2, les entreprises questionnées pour ce projet avaient un fort niveau d'intérêt et de sensibilité à l'environnement.

Tableau 3.2 Exemples de questions du sondage *Industrial Park as an Ecosystem*

Question	**Taux de réponse positive**
Voulez-vous participer à un mécanisme coopératif de réduction de matières résiduelles?	90,4 %
Désirez-vous obtenir de l'information sur les opportunités d'éco-efficience et de réduction de déchets?	95,4 %
Seriez-vous en faveur d'activités qui utiliseraient vos matières résiduelles dans des activités productives et acceptables au niveau environnemental?	92,3 %
Appliquez-vous des mesures d'efficacité énergétique?	33 %
Avez-vous déjà envisagé des sources d'énergie alternatives?	22 %
Avez-vous déjà considéré substituer une matière pour réduire vos déchets?	36 %
Avez-vous déjà envisagé des procédés alternatifs visant à réduire la quantité de déchets générés?	45 %

Adapté de Côté et Hall, 1995

L'analyse des résultats du sondage et l'analyse en profondeur du parc industriel Burnside, jumelées à une revue de littérature extensive, ont permis à l'équipe de recherche de l'Université Dalhousie de formuler un ensemble de principes et de lignes directrices concernant la mise en œuvre et le fonctionnement de parcs industriels. Ces lignes directrices détaillent les spécifications nécessaires à la conception environnementale des parcs et entreprises. De plus, des stratégies visant à stimuler la coopération entre les entreprises ont été élaborées. Ainsi, l'objectif de cette recherche était d'abord de transformer ce parc industriel en écoparc pour y tester les principes de l'écologie industrielle, puis d'utiliser ce projet comme modèle pour la création d'autres écoparcs industriels (Côté et Cohen-Rosenthal, 1998).

L'étape suivante du projet a été de créer un organisme permettant la coordination avec les entreprises. En mars 1995, le *Burnside Cleaner Production Center* a été inauguré afin de fournir de l'information sur différents thèmes comme la réduction des déchets, la prévention de la pollution et la production propre. Des études consacrées à la réduction des déchets dans certains secteurs d'activité du parc industriel (ex. : réparation d'automobiles, électronique, transformation de métaux, produits chimiques) ont été conduites pour analyser le potentiel de symbioses industrielles.

En 1996, le Centre a été fermé. Il a rouvert en 1998 sous le nom de *Eco-Efficiency Center in Burnside* grâce à un partenariat entre l'Université Dalhousie et Nova Scotia Power inc. Le Centre est un organisme non gouvernemental, à but non lucratif, se voulant un centre d'aide à la gestion environnementale pour les petites et moyennes entreprises (PME). Le Centre soutient qu'il est possible d'améliorer la performance financière de l'entreprise en réduisant la quantité de ressources nécessaires pour un produit ou un service à travers son cycle de vie, réduisant ainsi les impacts environnementaux négatifs. Après une revue des outils disponibles, le Centre d'éco-efficience a développé des outils et des ressources en ligne spécialement conçus pour les PME, particulièrement celles de Nouvelle-Écosse (Côté *et al.*, 2005).

Tableau 3.3 Outils et ressources offerts aux PME par le Centre d'éco-efficience

Thèmes	**Outils et ressources**
Efficacité énergétique	Carbon footprint calculator for Canadian SMEs Efficiency Nova Scotia
Préservation de l'eau	Industrial Best Practices for Water Management Guide Nova Scotia Environment Water
Réduction des déchets	Material Exchange Workshops RRFB Nova Scotia
Diminution de l'usage des produits chimiques	Hazardous Chemical Toolkit for Business Substituting Dangerous Chemicals Nova Scotia Environment Pollution Prevention
Motivation des employés	RDA Greening your Business Program Nova Scotia Association of Regional Development Authorities

Adapté de Dalhousie University, 2011

Le Centre offre aussi un service gratuit d'audit environnemental pour les PME situées dans un périmètre d'environ 100 km. Ces audits servent à la fois d'outils de sensibilisation et ils leur fournissent de l'information et leur donnent des conseils sur les actions pouvant être posées afin d'optimiser leur utilisation des ressources et réduire leurs déchets. Des exemples de symbioses identifiées, mises en œuvre ou potentielles, comprennent :

- Le réemploi de l'excès de polystyrène par une compagnie d'emballage;
- Le recyclage ou la réutilisation de cartouches d'encre, le rechapage de pneus et la remise à neuf de meubles;
- Le potentiel pour un programme de récupération de l'argent dans l'industrie de l'impression (25 entreprises sont situées dans le parc) en mutualisant les ressources pour l'achat d'un système de récupération de ce métal;

- Le potentiel pour un échange de peinture entre 21 entreprises. Environ 5038 litres de peinture sont gaspillés annuellement, représentant des pertes de 52 000 $.
- La possibilité d'échanges de produits chimiques parmi les 19 entreprises qui en fabriquent, distribuent ou vendent au détail

Dans le cas de Burnside, la forte sensibilité des entreprises pour réduire leurs impacts environnementaux est sans doute liée aux politiques « zéro déchet » implantées par les décideurs locaux. À cette époque, en 1996, 97 % des déchets étaient enfouis. Les politiques visaient alors à renverser ce taux en visant un niveau de valorisation de 88 % pour 2006. Ces politiques découlaient d'un accident où d'importantes fuites de lixiviat dans un lieu d'enfouissement ont poussé les résidents riverains à exiger de la municipalité d'Halifax qu'elle leur rachète leurs maisons. C'est alors que les élus municipaux ont imposé de sévères restrictions à l'enfouissement et des taxes auxquelles les entreprises devaient se plier. Le parc de Burnside et le parc industriel voisin ont donc bénéficié de ce mouvement, créant aussi un contexte favorable à la création de l'*Eco-Efficiency Center* (Duret, 2004). Toutefois, des études démontrent que malgré tout, le gain potentiel que pourrait apporter une action environnementale prime encore sur le respect de la réglementation dans le mécanisme de décision des PME (Côté *et al.*, 2005).

3.3.3 Et au Québec?

Au Québec*,* les projets sont plus récents. Plusieurs ont été implantés au cours des cinq dernières années ou sont en cours de démarrage à plusieurs endroits comme à Bécancour, dans Lanaudière, à Shawinigan, à Rivière-du-Loup et à Sorel, en partenariat avec le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI). Toutefois, il semble que l'écologie industrielle soit pratiquée davantage au sein même d'une seule entreprise. En effet, des discussions avec Veolia, Holcim et Rio Tinto Alcan (RTA) mettent en lumière que ces compagnies ont intégré l'EI à leurs activités. En résumé, Veolia va bientôt démarrer une raffinerie d'huiles usées pour en permettre la revente et la réutilisation. Holcim établit des contrats avec des entreprises pour accepter leurs matières résiduelles n'ayant d'autres débouchés que l'enfouissement ou l'envoi à une entreprise de traitement spécialisé (ex. : Stablex) afin d'en retirer l'énergie calorifique et ainsi substituer une partie du charbon utilisé dans les fours de la cimenterie. Chez Rio Tinto Alcan, une usine a été construite exclusivement pour le traitement et la réutilisation de la brasque, un sous-produit de la production d'aluminium, et un important programme interne de gestion

des matières résiduelles a été mis en place. Dans le cas de Holcim et de Veolia, le traitement des différents flux se fera par contrat alors que le projet de RTA est interne pour répondre à ses propres besoins.

Dans tous les cas, d'importants bénéfices environnementaux sont engendrés, mais c'est principalement l'argument économique qui est le déclencheur de ces projets. En effet, une révision en profondeur de sa gestion des matières résiduelles (MR) a permis à RTA de dégager des économies de 600 000 $ de 2008 à 2009 par une réduction de production de 4500 à 2000 tonnes de MR et un gain de 3 000 000 $ grâce à la récupération et la revente de 120 tonnes de métaux (autre que l'aluminium) (Tremblay, 2011). Pour Holcim, des investissements dépassant 6 millions de dollars pour faciliter la réception, le stockage et la gestion des MR vont être rentabilisés grâce aux économies générées par rapport à l'achat de charbon. Par ailleurs, Holcim considère que le co-processing, c'est-à-dire l'usage de combustibles de substitution pour la production cimentière, lui permettra de bien se positionner advenant l'implantation d'un marché du CO_2 obligatoire en Amérique du Nord (Bernardin, 2011). Pour Veolia, la construction d'une raffinerie d'une capacité annuelle de 60 à 75 millions de litres d'huiles usées représente un investissement de 50 millions de dollars. Or, le prix de l'huile usée dépend du prix du pétrole et le produit raffiné (*vaccum gazoil*; VGO) est coté en bourse. La différence est qu'il s'agit du cœur de métier de Veolia, mais cela démontre tout de même l'intérêt pour la mise en valeur des MR (Flahaut, 2011).

Dans le cas du projet sur le parc industriel de Bécancour, une analyse exhaustive des flux a mené à l'identification de plusieurs pistes de synergies. Un outil informatique avait également été développé pour faciliter l'accessibilité à la démarche. Suite à l'obtention d'un nouveau financement du ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE) et à la participation financière des entreprises, le CTTÉI travaille actuellement à la mise à jour des informations et à l'implantation des synergies.

Le prochain chapitre se base sur les projets d'écologie industrielle qui ont porté fruit. Une analyse des tendances et une analyse critique permettront de faire ressortir les éléments-clés pour favoriser l'essor de l'EI au Québec au niveau territorial.

4 ANALYSE CRITIQUE DE CAS DE RÉUSSITE

Ce chapitre présentera dans un premier temps les forces et faiblesses identifiées grâce aux informations obtenues dans la littérature (section 4.1). Ensuite, des discussions conduites auprès d'experts des différents organes de coordination favoriseront une analyse critique de plusieurs projets (section 4.2). Enfin, la synthèse des forces et faiblesses et de cette analyse critique mènera à la rédaction de recommandations quant à la mise en œuvre de l'EI au Québec.

4.1 Analyse des forces et faiblesses

Même si aucun projet présenté au chapitre précédent n'est l'aboutissement d'un processus spontané et graduel comme dans le cas de Kalundborg (bien qu'issu des contraintes liées à la gestion de l'eau et de l'énergie), ces études de cas permettent de mettre en lumière certaines forces et faiblesses en écologie industrielle (voir Tableau 4.1). Il en ressort que la superficie de la région visée par un projet n'est pas déterminante. Il peut s'agir aussi bien d'un parc industriel que d'un projet d'envergure nationale. Par ailleurs, la sensibilité environnementale des entreprises ne semble pas être un facteur critique, bien que cela constitue tout de même un contexte favorable.

Un aspect fondamental se retrouve toutefois au niveau de la coordination du projet d'écologie industrielle sur le territoire. En effet, dans tous les cas un organisme (association, municipalité, bureaux, syndicat mixte, OBNL) prenait le rôle de pivot entre les entreprises et le responsable de la gestion de l'information afin que les membres puissent bénéficier du projet de la façon la plus efficace possible. Plusieurs projets sont issus d'influences extérieures, plus particulièrement du milieu universitaire, mais cela ne semble pas être un préalable comme le démontrent Ecopal, le CEIA, la Plaine de l'Ain, le NISP et l'IEDP. Dans le cas du NISP, il est intéressant de souligner que des démarches régionales étaient déjà en place avant l'implantation d'une structure nationale visant à favoriser une meilleure communication et partage des connaissances. En ce qui concerne les objectifs des projets, on peut remarquer deux buts soit :

- Favoriser le développement durable de la région;
- Comprendre l'écologie industrielle dans le cadre d'un projet de recherche.

Le cas de la Plaine de l'Ain se distingue du fait qu'il n'intègre pas la réduction des impacts environnementaux au premier plan, mais demeure pertinent puisqu'il vise à stimuler la création de réseaux de communication interentreprises. Toutefois, outre ce projet, tous

recueillent de l'information sur les flux des entreprises du territoire. Cette collecte d'informations est parfois systématique et traitée à l'aide d'un logiciel adapté comme Prestéo ou SYNERGie. Lorsqu'elle n'est pas systématique, l'information est compilée dans une base de données « maison » de type *Access* ou autre. Il est important de spécifier que les projets où un logiciel adapté est utilisé permettent aux entreprises participantes d'accéder aux informations sur les flux. Cette participation des entreprises est certainement un facteur contribuant à la pérennité des projets. En effet, le projet IEDP aux États-Unis n'a pas favorisé cette participation des entreprises et le projet a pris fin dès que le financement public a cessé alors qu'il aurait pu se transformer en entité autonome si les entreprises avaient été outillées pour prendre la relève. Un autre élément pertinent dans l'analyse des flux est de lier ces données à un système d'information géographique (SIG) afin d'obtenir directement des informations liées aux distances de transport pour faciliter l'étude de faisabilité.

En ce qui a trait au financement, celui-ci est habituellement mixte, avec une partie provenant des fonds publics et l'autre issue de la poche des entreprises, sous la forme d'une cotisation annuelle, par exemple. Toutefois, des questions se posent quant au frein qu'une cotisation, même minime, représente pour les PME qui forment la majeure partie du tissu industriel québécois.

Finalement, il est pertinent de souligner les résultats d'une étude qui a analysé 162 synergies exemplaires au sein de 22 des réseaux d'écologie les plus remarquables à travers le monde (Lombardi et Laybourn, 2007). Cette étude a fait ressortir trois « facteurs de succès » nécessaire à la réalisation de projets d'EI :

- Rentabilité convaincante : opportunités de réduction des coûts, capacité à générer des revenus neufs ou assurer l'accès à des ressources essentielles;
- Acceptabilité sociale : détenir au minimum toutes les autorisations gouvernementales, avoir préférablement le support des communautés locales et d'organismes non gouvernementaux, améliorer le développement de la main-d'œuvre et la création ou le maintien d'emplois;
- Technologie éprouvée : les procédés et équipements nécessaires disponibles pour la réalisation d'une synergie de substitution.

Tableau 4.1 Résumé des projets

Projet	**Initiateur**	**Coordination**	**Région**	**Financement**	**Objectif**	**Analyse de flux**	**Sensibilité environnementale préexistante**
Ecopal (France)	Pré-étude menée sur la zone industrielle de Grande-Synthe	Association	Bassin dunkerquois (200 membres)	Public, associations d'entreprises, cotisations	Développement économique, social et environnemental durable	Systématique (+ de 5000 flux identifiés) Logiciel Prestéo	Oui
CEIA (France)	Initiative informelle entre le Conseil Général, le CREIDD et quelques élus	Association	Département de l'Aube (environ 20 adhérents)	Cotisation annuelle	Développement économique, social et environnemental durable	Systématique Logiciel Prestéo	Non, pas de sensibilité particulière et manque de connaissance du tissu industriel
Plaine de l'Ain (France)	Gestionnaires du parc industriel	Syndicat mixte	Parc industriel (125 entreprises, mais environ 60 adhérents	Industriels, ADEME	Amélioration du parc et de la communication interentreprises	Pas d'analyse systématique	Non, pas de sensibilité forte, mais certification ISO 14001 et EMAS
LISP (Suède)	Universitaire (IIIEE)	Municipalité de Landskrona	Parc industriel (19 entreprises dont 18 PME + 3 organismes publics	Municipalité, agence nationale pour le développement économique, contribution des entreprises	Relancer l'économie locale, créer de l'emploi et réduire les impacts environnementaux *Innovation identifiée comme motivation pour participer au projet	Pas systématique, mais portrait et questionnaire	Oui, élevée et forte solidarité entre entreprises
NISP (Angleterre)	Secteur privé (BCSD – UK)	National IS Programme (NISP) 12 bureaux régionaux +	12 régions de l'Angleterre (13000 compagnies membres)	Cotisation des membres, État (taxes), agences locales de développement	Promouvoir les symbioses industrielles, uniformiser le développement des	Analyse systématique, outils informatiques SYNERGie +	Oui, contextes politique et fiscal favorables + retours d'expériences positifs

		bureau national		(subventions), dons	programmes régionaux, faciliter la communication, créer des bases de données sur les projets	bureau privé pour études de faisabilité	
IIMFM (Allemagne)	Universitaire (IUWA)	Organisme à but non lucratif	Région industrielle du Rhine-Neckar	État (ministère fédéral allemand de l'Éducation et de la Recherche), entreprises participantes (contribution mineure)	Projet de recherche pour créer un modèle reproductible de DD par les symbioses industrielles	Pas d'analyse systématique, mais base de données (BDD) Access jumelée au logiciel Umberto	Non, préalable pour le projet
IEDP (États-Unis)	Public (Triangle J Council of Governments)	Public (Triangle J Council of Governments)	Région de Raleigh (6 comtés, 182 entreprises participantes)	US EPA en grande majorité, membres de l'équipe du projet	Promouvoir l'économie locale en s'inspirant du fonctionnement des écosystèmes naturels	Pas systématique, mais questionnaire et entrevues puis BDD jumelée à un SIG	Oui, mais faible
Burnside (Canada)	Universitaire (Dalhousie)	Organisme non gouvernemental à but non lucratif,	Parc industriel (1500 entreprises)	Université, fonds publics, entreprises	Projet de recherche pour créer un modèle reproductible de DD par les symbioses industrielles	Pas systématique, outils développés pour les PME, service-conseil	Oui, élevée
Bécancour (Canada)	Centre de recherche appliquée CTTÉI	Organisme non gouvernemental à but non lucratif		CTTÉI, fonds publics, entreprises	Projet de recherche pour créer un modèle reproductible de DD par les symbioses industrielles	Analyse de flux sélectifs, outils de maillage développés par le CTTÉI à partir de la bourse des résidus industriels du Québec (BRIQ)	Oui

4.2 Analyse critique de projets existants

Au Québec, il n'existe pas encore de symbioses industrielles aussi structurées qu'en Europe. Des discussions avec différents intervenants de projets d'EI bien établis ont permis d'obtenir des informations plus détaillées concernant leurs méthodes de fonctionnement. Ces informations aident à comprendre leurs stratégies et à en faire ressortir les aspects qui ne transparaissent pas dans la littérature. L'analyse critique de ces informations permet d'en faire ressortir les forces et les faiblesses en fonction du contexte québécois.

4.2.1 Ecopal – Peggy Ricart, directrice à la coordination des projets

Ecopal bénéficie d'un financement public et privé. Sur un territoire où se retrouvent surtout des PME-PMI et des TPE (très petites entreprises), l'approche doit être adaptée pour stimuler leur adhésion et les convaincre de verser leur cotisation annuelle, même si cette cotisation est moins élevée que pour une grande entreprise (150 € par rapport à 2000-3000 €). Selon Peggy Ricart, le défi principal est que le service rendu par Ecopal ne soit pas directement aligné sur le cœur de métier de ces entreprises (ex. : collectes mutualisées) et semble plutôt abstrait. Cela peut poser un défi puisque les petites et moyennes entreprises ont habituellement un personnel limité et le temps disponible est dirigé prioritairement pour traiter des enjeux primaires. À l'inverse, les grandes industries, qui ont plus de main-d'œuvre et plus de moyens, ont rapidement été séduites par les services offerts par Ecopal. Pour atteindre les TPE et PME, du démarchage continu a été conduit auprès de ces entreprises sur une longue période.

En ce qui concerne l'argumentation, elle était ciblée sur les besoins de chaque entreprise, mais surtout axée sur l'aspect économique. De plus, l'utilisation des données sur les retombées de projets réalisés et une approche par l'entremise des grandes entreprises (souvent des donneurs d'ordre importants de la région) permet de joindre les PME sous-traitantes avec plus de poids. Le message est centré autour d'un gain probable d'efficacité pour les sous-traitants et donc d'une compétitivité améliorée pour le donneur d'ordre grâce aux services d'Ecopal. De plus, après une dizaine d'années d'activité, les réalisations d'Ecopal lui ont permis de gagner la confiance des entreprises du Dunkerquois à tel point que le recrutement de nouveaux membres se fait aujourd'hui principalement par bouche-à-oreille. Cette marque de confiance dans le projet constitue un facteur de succès. Par ailleurs, le réseau d'administrateur d'Ecopal comprend plusieurs représentants

d'entreprises, ce qui stimule leur participation et favorise un climat de confiance. Le respect de la confidentialité permet aussi de maintenir ce climat.

Un point fort d'Ecopal est son partenariat avec l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) pour développer des projets de R&D pour les entreprises. En effet, l'ULCO collabore sur certains projets en mobilisant ses équipes de recherche pour identifier des débouchés pour des flux industriels ou pour développer des écotechnologies spécifiques. L'innovation est donc présente dans les démarches lorsque le secteur d'activité le permet.

En ce qui concerne les types de projet, les synergies sont principalement des mutualisations puisqu'elles sont plus facilement mises en œuvre étant donné que les TPE et PME n'ont pas de contrat-cadre auprès des prestataires de gestion de déchets. De plus, les retombées sont rapides, car ces synergies favorisent le captage des petits flux de matières résiduelles. Les synergies de type substitution, où une matière vierge est remplacée par un sous-produit, sont moins fréquentes puisqu'elles nécessitent de nombreux échantillonnages, des investissements importants et que la démarche est longue. Toutefois, Penny Ricart reconnaît que le potentiel de retombées pour ce type de synergie peut être très élevé. Par exemple, la compagnie ArcelorMittal récupère un sous-produit riche en fer et en combustible de l'entreprise Sea Bulk qui permet au sidérurgiste d'économiser environ 100 000 € (environ 140 000 $) annuellement (Ecopal, 2010c).

Tableau 4.2 Résumé des forces et faiblesse d'Ecopal

Forces	**Faiblesses**
Arguments économiques (retour sur investissement) Recours à l'influence des grandes entreprises (donneurs d'ordre) pour stimuler l'adhésion des TPE et PME Représentants d'entreprises sur le conseil d'administration Partenariats pour la R&D et formation Climat de confiance et d'écoute des besoins Respect de la confidentialité Mise en place de synergies de mutualisation entre TPE et PME Adhésion des prestataires de gestion de déchets	Gestion des informations et des projets Pas d'indicateurs de suivi des projets Manque de données concernant les résultats Peu de synergies de substitution Petite équipe ne permettant pas de réaliser tous les projets par manque de temps (ex. : pas de capitalisation des outils COMETHE)

4.2.2 Systèmes Durables – Cyril Adoue, directeur fondateur

La méthodologie développée par Cyril Adoue et appliquée par Systèmes Durables peut se résumer en quatre étapes globales :

- Identification des flux
- Identification des synergies
- Étude de faisabilité
- Mise en œuvre

Pour gérer l'information et les projets, cette firme a recours au logiciel Prestéo, développé par son fondateur. Avec l'utilisation du logiciel par des intervenants à Dunkerque (Ecopal) et à Troyes (CEIA), par exemple, des efforts sont maintenant investis pour améliorer l'expérience de l'utilisateur grâce à des ergonomes afin de faciliter l'utilisation de cet outil et ainsi gagner du temps. Des améliorations fonctionnelles sont également envisagées, mais sont d'ordre stratégique et demeurent confidentielles.

Cependant, l'outil prend une place secondaire par rapport aux rapports humains développés par les intervenants de la démarche. En effet, même si la stimulation de la participation des entreprises du territoire n'est pas incluse dans les quatre étapes globales, elle demeure tout de même essentielle. Aux dires de Cyril Adoue, la clé du succès repose sur la médiation et l'animation entre les acteurs de la démarche, puisque « du point de vue technique, il y a toujours des synergies possibles ». À cet effet, une approche par palier est adoptée. Ainsi, les projets débutent par la création d'un comité technique où sont invités des acteurs publics dirigeants (ex. : ADEME, représentants de syndicats professionnels, chambres de commerce et d'industries, gestionnaires de zones d'activité). Ces intervenants sont choisis en fonction du lien privilégié qu'ils ont développé auprès des entreprises locales. Un message-clé leur est fourni de même que quelques supports suffisamment porteurs pour intéresser les membres du comité technique à faire la promotion du projet d'EI auprès des entreprises. Toutefois, l'information et la formation de ses leaders d'opinion doivent être très rigoureuses pour ne pas générer l'effet inverse. Suite à cette mesure, le cabinet Systèmes Durables estime que 90 % du travail de sensibilisation est complété auprès des entreprises.

Le discours utilisé pour favoriser l'adhésion des entreprises au projet concerne le degré d'implication des industriels (ex. : investissement de temps nécessaire), la gestion de la confidentialité et les bénéfices potentiels. Ces bénéfices potentiels sont illustrés à partir

des données économiques de cas réels de synergies sur d'autres territoires en France. Le choix des exemples doit être le plus local possible (la synergie de Kalundborg est évacuée puisqu'elle est trop loin) et doit idéalement être en lien avec le cœur de métier du secteur industriel visé (ex. : utiliser la synergie des sables de betteraves du CEIA pour le secteur agroalimentaire, voir chapitre 3).

Les discussions avec Cyril Adoue ont également traité des facteurs favorisant la réussite d'un projet. En se fondant sur l'exemple du projet de Vitré, près de Rennes (France), les éléments qui ont favorisé le projet sont :

- Volonté politique forte du président de l'agglomération;
- Volonté forte de la part des entreprises et industries;
- Financement de départ à 100 % par l'intercommunalité (public), puis partage entre les industriels et les collectivités;
- Réel dialogue entre les intervenants du territoire et les entreprises depuis une dizaine d'années;
- Perspective opérationnelle de développement économique visant également un impact positif sur l'environnement.

Ainsi, un club d'écologie industrielle regroupant une vingtaine d'entreprises a pu être créé en 18 mois, malgré un emplacement géographique peu attrayant.

Un contre-exemple démontrant l'importance d'une volonté politique locale forte est l'échec d'un projet d'EI sur le territoire de la communauté d'agglomération de Marne et Gondoire (France). Ce territoire-pilote du projet COMETHE regroupait 200 PME et des pistes de synergies avaient été identifiées. Cependant, l'intercommunalité a abandonné le projet même si les industriels étaient motivés. Le manque de portage ou de soutien par un organe public comme la mairie ou la chambre de commerce et d'industries a fait échouer ce projet.

Selon l'expérience de Cyril Adoue, les pistes de synergies identifiées sont partagées à 70 % en synergies de mutualisation et à 30 % en synergies de substitution alors qu'à la mise en œuvre, ce ratio passe à 50:50. La difficulté pour la mise en place des synergies de mutualisation est qu'elles concernent les fournitures annexes, qui ne relèvent pas du cœur de métier. Le nombre d'acteurs vient en plus complexifier la démarche et des questions se posent quant à l'encadrement juridique de ce type de synergie. Dans le cas

des synergies de substitution, celles-ci interviennent dans le cœur de métier et les retombées sont plus visibles, bien que la mise en place nécessite souvent des investissements importants. Les indicateurs de réussite d'un projet dépendent des objectifs de départ du territoire. Il peut s'agir du nombre d'entreprises participantes, du nombre de synergies identifiées puis mises en œuvre, de données économiques (quoique difficiles à obtenir de la part des industriels) et de données liées à la création ou au maintien d'emplois (difficiles à mesurer).

Finalement, en ce qui concerne le tissu industriel, son partage entre les grandes entreprises et les PME-PMI ne semble pas avoir d'effet négatif sur l'identification de synergies. Toutefois, une zone où se retrouvent trop d'activités du secteur tertiaire peut réduire le nombre de synergies potentielles puisque les besoins sont restreints surtout à la mutualisation des collectes de papier et de cartouches d'encre.

Tableau 4.3 Forces et faiblesses d'une démarche d'EI selon Systèmes Durables

Forces	**Faiblesses**
Recours aux leaders d'opinion publics pour parler de l'EI aux entreprises Exemples locaux et adaptés au type d'industrie Données économiques Médiation et animation de la démarche Rapports humains priment sur l'utilisation d'outils Volonté politique locale forte Volonté des entreprises et industries Financement de départ 100 % public Dialogue collectivité/entreprises déjà implanté sur le territoire Développer des indicateurs en fonction des objectifs du projet Synergies de substitution touchant le cœur de métier	Pas de stimulation de la communication entre les entreprises Ne peut pas garantir un retour sur investissement, mais souligne des ressemblances avec des projets existants Trop d'entreprises du secteur tertiaire Difficulté à obtenir les résultats économiques concernant la création et le maintien de l'emploi Difficulté à donner un cadre légal aux synergies de mutualisation

4.2.3 Club d'écologie industrielle de l'Aube (CEIA) – Grégory Lannou, coordonnateur

En France, tous les territoires de plus de 50 000 habitants doivent produire des *Plans Climat* et des *Bilans Carbone*. Pour plusieurs collectivités, l'écologie industrielle devient une avenue intéressante pour aborder ces thèmes et développer des plans d'action qui englobent le secteur industriel. À cet effet, le Club d'écologie industrielle de l'Aube a une

double vocation. D'abord, de réflexion à laquelle seuls les membres peuvent prendre part, quoique les actions mises en œuvre aillent au-delà des membres pour toucher les entreprises du territoire. Ensuite, le CEIA a comme vocation le rôle de facilitateur pour mettre en relation les bons intervenants, les sensibiliser aux enjeux du territoire et de l'EI et ultimement les aider à transformer les contraintes du territoire en opportunité. À cet égard, le CEIA agit comme trait d'union entre les décideurs publics et privés. Le défi pour le CEIA se résume au fait que les prestataires doivent bien comprendre les principes de l'écologie industrielle et les retombées potentielles pour le territoire plutôt que de voir l'EI comme un affront à leur cœur de métier.

Pour stimuler l'adhésion des membres corporatifs au CEIA, l'argument du retour sur investissement n'est pas utilisé. Il s'agit plutôt de les sensibiliser à la plus-value de participer à une réflexion stratégique sur le développement de leur territoire. À cet effet, la cotisation demandée aux membres est davantage d'ordre symbolique. Alors que le Club intervient déjà dans les salons, conférences et revues, à plus long terme, l'objectif du Club est de développer un pôle francophone d'écologie industrielle pour fournir du retour d'expérience et comparer les outils disponibles afin d'aider les territoires qui désirent implanter une démarche d'EI. Dans ce cadre, un sous-objectif est qu'en rendant ses activités d'intérêt public, les membres puissent recevoir un crédit d'impôt en échange de leur cotisation, ce qui pourrait élargir le nombre de membres.

Il n'y a pas réellement d'outils utilisés pour le suivi des projets. Cette information est gérée par le coordinateur qui tient des points d'avancement six fois par année. Des rapports sont cependant produits lors de projets de recherches (ex. : COMETHE) ou pour les bailleurs de fonds. Pour la gestion des informations de flux, le logiciel Prestéo a été acheté, car les outils de base comme Excel et Access n'étaient plus suffisants. Un outil idéal selon Grégory Lannou, coordonnateur du Club, serait un logiciel comme Prestéo où l'ergonomie d'utilisation serait améliorée, qui serait connecté à un SIG et qui permettrait de modéliser les flux. Toutefois, une expertise sera toujours nécessaire puisque l'outil doit demeurer un moyen, et non une fin.

Il n'y a pas d'analyse systématique des flux par manque de ressources. Il n'y a pas non plus une approche par zone industrielle puisque la densité industrielle n'est pas assez élevée et qu'elle ne regroupe pas assez d'industries lourdes, aux dires de Grégory

Lannou, ce qui ne génère pas des flux en quantités suffisantes. Toutefois, la participation au projet COMETHE a permis d'obtenir les ressources financières nécessaires pour approfondir l'analyse de flux.

Cependant, au CEIA l'identification des synergies potentielles relève beaucoup de l'intuition des intervenants, bien que ceux-ci se basent sur des retours d'expérience de projets où les acteurs étaient similaires. Selon eux, cette approche permet d'obtenir rapidement des résultats, ce qui stimule la motivation du groupe. De plus, pour garder les adhérents motivés, le Club organise régulièrement des rencontres informelles.

En ce qui concerne les types de synergies, il s'agit surtout de substitutions puisque les résultats sont plus remarquables que pour les mutualisations et donc plus intéressants pour les entreprises. Au niveau des résultats atteints par les synergies développées par le Club, il n'y a pas de réels indicateurs mis en place dès le début des projets. Les données recueillies relèvent de la volonté des entreprises à les partager, ce qui peut limiter le type d'information disponible.

Tableau 4.4 Forces et faiblesses du Club d'écologie industrielle de l'Aube

Forces	**Faiblesses**
Réflexion sur le développement du territoire Pôle de savoir en EI Trait d'union entre les acteurs publics et privés Logiciel de gestion des flux Identification et mise en œuvre rapide de synergies pour stimuler la motivation (*low-hanging fruits*) Usage de la communication informelle pour stimuler la motivation des membres Démarche basée sur les retours d'expérience d'autres projets	Aucune ambition de retour sur investissement Approche très académique Manque de ressources Gestion des projets repose sur un individu, pas d'outils mis en place Pas d'indicateurs de projet prédéterminés Difficulté à obtenir des informations sur les résultats Pas de collecte systématique d'information sur les flux Grande place donnée à l'intuition des intervenants

4.2.4 *Eco-efficiency Centre* de Burnside – Raymond Côté, professeur à l'Université Dalhousie en Nouvelle Écosse

Le thème central de la stratégie économique actuelle de la province de la Nouvelle-Écosse est de développer une « économie circulaire » et un aspect important de ce concept est le développement d'un inventaire de sous-produits (inventaire des flux) (Dalhousie University, 2009). Toutefois, l'*Eco-efficiency Centre* de Burnside (le Centre)

n’est pas un organisme de coordination d’écologie industrielle sur le territoire. Il n’y a pas d’analyse des flux des entreprises du parc de Burnside dans le but d’identifier des synergies potentielles, quoique le Centre ait un tel projet qui se déroule dans d’autres régions de la Nouvelle-Écosse, notamment pour le secteur agroalimentaire de Kings County (Dalhousie University, 2009). Pour le parc industriel de Burnside, l’objectif est de cibler les possibilités d'améliorer la productivité et d'optimiser les performances environnementales et l'efficacité opérationnelle des entreprises. Puisque la dynamique de l’industrie et le modèle d’affaires des entreprises sont inchangés, le parc industriel de Burnside réalise une innovation incrémentale (c’est-à-dire une amélioration modeste, graduelle et continuelle des techniques ou produits existants) plutôt qu’une innovation de type systémique (Figure 4.1).

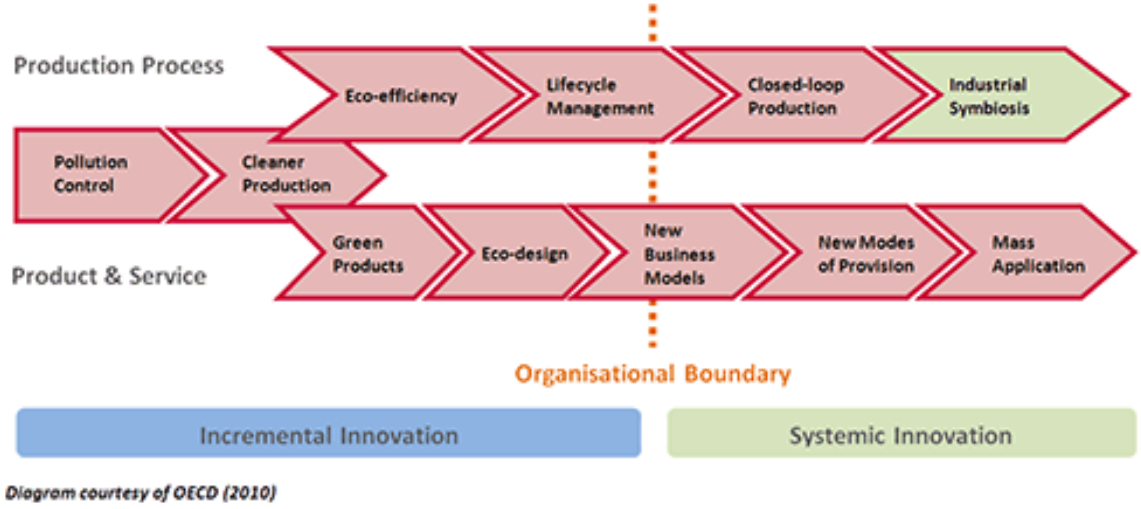

Figure 4.1 Différence entre l’innovation incrémentale et l’innovation systémique (International Synergies, 2011a)

L’apport du Centre à ce document est tout de même pertinent puisqu’il s’agit d’un projet en sol canadien qui s’adresse spécifiquement aux PME, ce qui représente la majeure partie du tissu industriel canadien et québécois. En effet, au Canada 45 % du PIB, une part importante de la croissance économique, 60 % des emplois et 75 % de la croissance du secteur de l’emploi sont attribuables aux PME (Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux, 2010).

À Burnside, le Centre a été fondé en 1992 dans le cadre d’un projet de recherche de l’Université Dalhousie. Le contexte était favorable étant donné la réglementation et les politiques gouvernementales, particulièrement l’interdiction d’enfouissement dans la

province. Les arguments utilisés par l'équipe de recherche étaient que le Centre allait aider les PME, qui constituent environ 95 % du parc industriel, à leur fournir des outils et de l'information pour devenir plus compétitives grâce à l'éco-efficience. Cette orientation provient du constat que les PME de Nouvelle-Écosse, et plus généralement du Canada, n'ont pas les ressources nécessaires pour accroître leurs performances environnementales et financières (Dalhousie University, 2011). La communication de première approche s'est principalement faite par des ateliers de travail, des téléphones et des courriels. Par la suite, les participants étaient informés à travers des articles publiés dans le journal de la zone industrielle. Il n'y avait donc ni de communication bidirectionnelle ni de stimulation de la communication interentreprises.

En ce qui concerne la participation financière des PME, le Centre, qui est financé par le gouvernement (provincial et fédéral), diverses fondations, l'Université et des entreprises privées hors site (ex. : Nova Scotia Power), a choisi de ne leur demander aucune cotisation au projet. Ce choix a été fait parce que les PME n'étaient pas convaincues de la plus-value et des opportunités générées par le Centre, les rendant réticentes à le financer. Toutefois, il ne s'agissait que de la perception des PME puisque le Centre a conduit près de 500 audits auprès des entreprises de Burnside et des opportunités d'amélioration ont été décelées dans tous les cas.

La méthodologie utilisée pour réaliser ces audits est d'abord de faire remplir un formulaire par les entreprises qui ont démontré de l'intérêt. Un premier défi était que les entreprises, particulièrement les PME, n'effectuent pas un suivi systématique des quantités en cause. Ensuite, un intervenant du Centre se déplace pour passer en revue les informations obtenues grâce au questionnaire et pour effectuer l'audit. Par la suite, un rapport est produit pour les informer des améliorations potentielles ainsi que des économies qu'elles pourraient générer. Un suivi est complété après six mois pour offrir de l'aide et de la formation aux entreprises afin qu'elles mettent en place les recommandations. La documentation des résultats se fait à travers des thèses d'étudiants de l'Université Dalhousie pour certains projets seulement.

Les recommandations les plus fréquentes touchent l'éclairage, la chaleur dissipée, les changements opérationnels au système électrique, l'amélioration de l'efficacité des chaudières et la minimisation des pertes d'eau. Il s'agit évidemment d'éco-efficacité et non

d'écologie industrielle puisque les mesures sont examinées de façon individuelle et non comme faisant partie d'un système plus large. Ceci vient limiter le potentiel d'amélioration de la performance environnementale et économique. Toutefois, même si les recommandations sont simples et faciles à mettre en place sans trop d'investissements, le Centre a remarqué que peu de ces recommandations sont mises en œuvre. La principale raison évoquée est le manque d'incitatifs majeurs, que ce soit de la part des bailleurs de fonds, du gouvernement ou des consommateurs.

Une autre raison soulignée est le manque d'intérêt des PME pour la gestion des éléments qui ne touchent pas à leur cœur de métier, comme le résume Raymond Côté; « *For SMEs, only the core business counts, the rest is peanuts* » (Côté, 2011). Selon lui, des incitatifs économiques positifs (ex. : subventions) et négatifs (ex. : taxes) auront le plus d'effets sur le comportement des gestionnaires de petites et moyennes entreprises. Une information de bonne qualité ne suffit pas.

Tableau 4.5 Forces et faiblesses du projet de l'Eco-efficiency Centre in Burnside

Forces	**Faiblesses**
Spécialisation sur les besoins des PME Audits personnalisés pour les entreprises Contexte réglementaire favorable Financement principalement public Pas de contribution financière demandée aux entreprises Information personnalisée et de qualité Création d'outils spécifiques pour les PME Affiliation à une université qui permet d'approfondir les connaissances par la recherche Suivi du projet après 6 mois	Pas d'analyse systémique (pas d'analyse de flux à Burnside et pas de synergies identifiées / mises en œuvre) Manque d'incitatifs pour la mise en œuvre des recommandations Pas de création d'un réseau d'entreprise Pas de communication informelle stimulée par le Centre Manque d'adhésion des entreprises au projet Pas de rôle de point de chute entre le public et le privé Documentation partielle (non-systématique) des résultats

4.2.5 Orée – Paul Schalchli, coordinateur du projet COMETHE

L'association Orée a été un partenaire d'étude et de terrain lors du projet COMETHE, suite à un appel à projet de l'Agence nationale de la recherche (ANR) en France. Son rôle se situait au niveau de la coordination sur les territoires-pilotes, de la communication et de la coordination des travaux de recherche. Tous les territoires-pilotes avaient déjà un interlocuteur sur le terrain et, au minimum, des échanges concernant des pré-projets avaient déjà été amorcés.

La méthodologie proposée par COMETHE s'est développée de façon itérative en se fondant sur les retours d'expérience des intervenants sur le terrain. Cela a permis de développer une méthodologie qui se résume ainsi :

- Genèse du projet : lancement, pré-cadrage avec les acteurs
- Pré-diagnostic : pré-diagnostic territorial, pré-diagnostic de la zone d'activité, analyse des enjeux des parties prenantes, cadrage
- Diagnostic d'EI : collecte des données de flux, identification des synergies potentielles, cartographie des flux et des synergies, restitution du diagnostic et choix des actions prioritaires

Des outils (fiches action, tableau de bord, questionnaires, grilles d'analyse, tutoriels) ont ensuite été développés pour accompagner les acteurs à chaque étape de cette méthodologie. Un avantage est que ces outils permettent d'obtenir une compréhension globale et qu'ils fournissent des bases solides. Ils sont par ailleurs très académiques et difficiles à utiliser de façon opérationnelle.

Pour stimuler la participation des acteurs économiques publics et privés, des partenariats ont été conclus avec des acteurs locaux. Pour y arriver, la crédibilité du projet (grâce à l'aval de l'ANR, un organisme connu et respecté) a favorisé leur participation. Les arguments mis de l'avant pour favoriser la participation des acteurs économiques se sont concentrés autour de bénéfices économiques potentiels comme l'optimisation des ressources et de l'énergie, les économies d'échelle et la valorisation des déchets, dans le cadre d'une participation à une démarche interentreprises. Des exemples locaux ont été utilisés pour illustrer ces bénéfices potentiels. Les arguments de retour sur investissement n'ont pas été mis de l'avant, car le projet était cofinancé par les instances publiques et les territoires concernés. Selon Paul Schalchli, les entreprises pensent d'abord en termes économiques, mais dans le contexte actuel où il y a une meilleure sensibilisation environnementale (grâce notamment au Grenelle de l'environnement) et de plus en plus de pression contextuelle, réglementaire, sociétale et territoriale, elles ne peuvent plus se permettre d'évacuer les préoccupations environnementales.

L'encadrement des différentes démarches sur les territoires-pilotes s'est fait grâce à un acteur pivot sur chaque territoire. Cet acteur constituait un point de chute, un guichet

unique réunissant les compétences nécessaires à l'évolution du projet. L'animation territoriale est la clé pour mettre en œuvre une telle démarche d'EI.

Les outils utilisés servent uniquement de support. Il s'agissait de bases de données jumelées d'un SIG pour capitaliser les flux, d'outils collaboratifs sur le Web accessibles avec un mot de passe (ex. : bourse aux déchets, centre de ressources), de plateformes d'échange directes et d'outils spécifiques à certaines actions (ex. : covoiturage, logistique). Toutefois, il est à noter qu'un surplus d'outils peut générer de la confusion et provoquer une barrière à l'avancement du projet.

La motivation des participants est un enjeu crucial expérimenté sur tous les territoires. Pour y arriver, des communications intensives et régulières ont été conduites auprès des entreprises par le relais des acteurs locaux. De plus, une communication soutenue s'est faite auprès des instances gouvernementales, de la presse locale, lors d'événements régionaux et auprès des développeurs économiques. Cependant, le financement public de ce projet et la crédibilité offerte par le soutien de la part de l'ANR constituent certainement un atout pour l'impact de ces communications. De façon plus spécifique, la communication auprès des entreprises s'est déroulée grâce à des groupes de travail dédiés, des petits déjeuners sur l'EI, des sessions de formation, des séminaires et des sessions d'information. Le partage de l'information a favorisé un partage plus approfondi des connaissances et une meilleure mise en relation entre les acteurs.

Malheureusement, les résultats des actions initiées dans le cadre de COMETHE n'ont pu être évalués, car le détail de ces résultats a été ou sera obtenu après la fin du projet et devrait être divulgué par les territoires concernés. Un outil d'évaluation a tout de même été créé par COMETHE. Celui-ci permet d'évaluer la méthodologie et l'apport du projet au développement durable et s'adapte aux besoins du territoire. Toutefois, son utilisation nécessite une formation initiale puisqu'il s'agit d'un outil complexe. L'acquisition des données nécessaires, lorsque le temps sera venu, risque aussi de poser problème si les entreprises sont réticentes à dévoiler leurs résultats environnementaux et économiques.

Finalement, le projet COMETHE a permis de donner une visibilité importante à l'EI sur toutes les tribunes par une communication soutenue. Les retombées de cette communication ont été visibles rapidement par une plus grande ouverture et un plus grand

intérêt de la part des collectivités et des organismes publics. Plus concrètement, l'EI peut aujourd'hui servir de critère (ou, du moins, être incluse) dans les appels d'offres publics, comme les projets de travaux publics, en France.

Tableau 4.6 Forces et faiblesse générales entourant le projet COMETHE

Forces	**Faiblesses**
Développement de la méthodologie à partir des expériences des intervenants sur le terrain Partenariats établis avec les acteurs locaux Utilisation d'arguments économiques (exemples locaux) Acteur pivot sur chaque territoire agissant comme guichet unique Communication intensive et régulière auprès des entreprises Favorise la communication formelle et informelle Outils méthodologiques développés Projet crédible grâce à l'ANR et au financement public Grande visibilité de l'EI et retombées perçues auprès des collectivités et organismes publics	Outils généraux, difficiles à appliquer concrètement Projet trop court pour voir l'aboutissement et les résultats des actions initiées Méthode non établie pour l'obtention des données pour l'évaluation des projets Trop d'outils développés

4.2.6 National Industrial Symbiosis Programme (NISP) – Peter Laybourn, créateur du NISP, directeur du programme et P-D.G. d'International Synergies

L'approche du NISP se distingue par son point de mire sur le monde des affaires. Selon Peter Laybourn, il faut parler un langage d'affaires pour établir un réel dialogue avec les entreprises, gagner leur confiance et assurer la crédibilité du projet. Ceci se transpose par la présentation d'études de cas illustrant de réels avantages. Il est toutefois important de mentionner que le contexte du Royaume-Uni concernant l'enfouissement est différent de celui du Québec. En effet, la taxe à l'enfouissement, qui s'ajoute au tarif demandé par le site, s'élève à 48 £/tonne (près de 100 $/tonne) et devrait augmenter à 70 £/tonne dans les prochaines années alors que les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles au Québec sont actuellement de 20,38 $/tonne (*Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles,* 2011). Les entreprises avaient donc tout avantage à porter une oreille attentive à ce projet qui avait le potentiel de réduire leurs quantités de matières résiduelles. Cependant, Peter Laybourn soutient qu'une fois que les entreprises se sont familiarisées au NISP, ce type d'incitatif ne faisait plus partie de leurs

préoccupations principales puisqu'elles y voyaient alors en plus les autres bénéfices de la démarche et le portrait global.

Le NISP est financé à 100 % par des fonds publics. Afin de démontrer la plus-value du programme pour le gouvernement, le NISP a démontré le retour sur investissement de ces fonds dans le rapport *Pathway to Low Carbon Sustainable Economy*. Ce financement gouvernemental permet au NISP d'offrir gratuitement ses services aux entreprises, dont 95 % sont des PME. Par contre, en échange de ce service gratuit, les compagnies signent un contrat où elles s'engagent à évaluer les retombées des synergies mises en œuvre selon neuf indicateurs prédéterminés, soit :

Économie	- Réduction de frais d'exploitation pour l'entreprise - Ventes supplémentaires pour l'entreprise
Environnement	- Tonnes détournées de l'enfouissement - Réduction des émissions de GES - Économie de matières vierges - Quantité de matières dangereuses éliminées - Économie d'eau
Social	- Emplois créés - Emplois préservés

La crédibilité du programme, le climat de confiance et la gestion de la confidentialité sont des atouts essentiels. À la fin de chaque projet, un rapport est produit détaillant les résultats (selon les informations obligatoirement fournies par l'entreprise). Pour assurer la crédibilité de ces données, une firme indépendante externe (Databuild Ltd) vérifie les informations selon un processus rigoureux d'audit.

Pour stimuler la participation des entreprises au programme, le message se concentre autour des avantages économiques. Comme le démontre le Tableau 4.7, au fil des années le NISP a démontré sa capacité à réduire les frais d'exploitation et les émissions (de polluants, incluant les GES), à augmenter les ventes et l'utilisation des actifs, à créer des emplois et attirer les investissements étrangers grâce aux symbioses d'écologie industrielle.

Tableau 4.7 Bénéfices générés par les projets du NISP d'avril 2005 à décembre 2010

Bénéfices	
Économiques	- Générer 880 millions £ (1424 millions de $) en ventes supplémentaires pour ses membres - Faire épargner plus de 780 millions £ (1263 millions de $) à ses membres

Environnementaux	- Détourner de 35 millions de tonnes de résidus industriels destinés à l'enfouissement - Réduire de plus de 30 millions de tonnes les émissions de CO2 - Réutiliser 1,8 million de tonnes de matières dangereuses - Économiser plus de 48 tonnes de matériaux vierges utilisés au Royaume-Uni - Économiser plus de 47 millions de tonnes d'eau industrielle
Sociaux	- Créer et maintenir 8870 emplois

Tiré de International Synergies, 2011b

Ainsi, la stratégie est d'attirer l'attention par des études de cas puis d'offrir une valeur ajoutée en facilitant des échanges intersectoriels de même que de l'aide politique ou réglementaire, secteurs que de nombreuses entreprises ne savent pas comment aborder. Afin d'assurer un lien fort avec sa communauté d'affaires locale, le NISP s'associe aux associations de l'industrie et chaque bureau régional du NISP met en place un groupe consultatif composé d'entreprises locales (allant de multinationales aux micro-industries et entrepreneurs individuels). Ces groupes consultatifs permettent également de demeurer en contact constant avec les préoccupations d'affaires. Ainsi, les arguments mis de l'avant concernent la réduction des coûts, mais aussi la plus-value de la résolution de problèmes en sessions de travail multidisciplinaires, le réseautage avec d'autres entreprises et l'innovation.

L'Université de Birmingham a lancé une étude en 2007 portant sur l'innovation et le potentiel de synergies au niveau des activités du NISP. Les compagnies membres du NISP qui ont participé à cette étude provenaient de 32 secteurs différents dont l'aérospatial, le secteur médical, automobile et chimique. Il en ressort que des 125 synergies étudiées, 19,2 % d'entre elles ont nécessité un nouveau développement technologique ou de la recherche pure (Laybourn et Morrissey, 2009). De plus, un partenariat avec le *Resource Efficiency Knowledge Transfer Network* (REKTN) a permis l'intégration de gestionnaires d'innovation au sein de chaque branche régionale du NISP afin de permettre à chaque entreprise du Royaume-Uni d'intégrer un réseau local ou national pour stimuler la capacité d'innovation dans l'efficacité de la gestion des ressources.

De plus, la majorité des coordonnateurs régionaux du NISP (chefs des équipes régionales) et des praticiens (qui assurent la coordination auprès des entreprises) proviennent du milieu industriel ce qui facilite leur compréhension des préoccupations et

intérêts des entreprises (Lombardi et Laybourn, 2007). Au nombre de quarante, ce sont les praticiens qui forment les acteurs-clés du programme. Leur principal outil est la base de données *SYNERGie Management System* (anciennement *CRISP*), en usage depuis un an environ et qui est maintenant utilisée dans sept pays. La refonte du logiciel a permis de générer des économies de coûts et de temps. Cet outil amélioré grâce à la prise en compte des commentaires des utilisateurs du *CRISP* permet aux praticiens d'organiser des ateliers de travail pour rassembler les membres et communiquer avec les différents groupes.

Le logiciel SYNERGie permet une gestion des coordonnées et du programme ainsi qu'une compilation des connaissances tacites. Ainsi, l'information concernant l'avancement des projets est enregistrée de son idéation jusqu'à sa réalisation. Ceci limite la perte d'informations précieuses ne soient écrites nulle part et évite que le succès du projet dépende de la présence d'un individu en particulier. En effet, plutôt que de servir au partage de simples données factuelles, les connaissances tacites de la base de données sont partagées afin de renforcer le recours aux retours d'expérience, ce qui a pour effet de mettre en place de nouvelles synergies plus efficacement et plus rapidement. Les acteurs en jeu, les démarches, les leviers, les freins et leurs solutions sont détaillés dans les guides-directeurs de projets pour fournir des pistes d'actions. À l'heure actuelle, entre 400 et 500 guides-directeurs de projets sont disponibles. Ainsi, lorsque International Synergies exporte sa base de données dans d'autres pays, cela lui permet de :

- Offrir une structure de gestion de l'information solide;
- Expliciter des connaissances tacites pour faciliter la mise en œuvre de projets similaires.

En ce qui concerne le rôle des PME, Peter Laybourn soutient que même si leurs flux sont limités, leur participation aux sessions de travail permet d'apporter des solutions innovantes aux problèmes expérimentés par les grandes entreprises. De plus, leurs flux se prêtent bien aux synergies de mutualisation.

Aussi, des liens forts ont été créés et maintenus avec le milieu académique, tel que l'Université de Surrey qui conduit des recherches sur les symbioses industrielles. Finalement, il est important de mentionner que le financement provient du *Waste & Resources Action Programme* (WRAP), un organisme à but non lucratif financé par le

gouvernement. Or, il serait plus approprié que ce programme, continuellement axé sur les préoccupations d'affaires, soit plutôt financé par le ministère du Commerce et d'Industrie directement ou via un de ses organismes. Cela favoriserait des liens plus forts entre les instances gouvernementales et le NISP. En effet, selon Peter Laybourn, le WRAP comprend mal le programme et s'y intéresse peu. Par ailleurs, notons que le NISP est dirigé par la firme de consultants International Synergies depuis 2005, lorsque les bureaux régionaux ont été regroupés sous un même programme national. Cette firme travaille également sur des projets à l'international, comme en Chine, au Brésil, en Roumanie et au Mexique.

Tableau 4.8 Forces et faiblesses du NISP

Forces	**Faiblesses**
Approche d'affaires centrée sur la performance économique Basé sur les structures locales existantes Financement 100 % public Démonstration du retour sur investissement Service gratuit pour les entreprises Indicateurs économiques, environnementaux et sociaux prédéterminés Contrats pour assurer l'obtention des données sur les résultats Audit des résultats par une firme externe Liens forts avec la communauté locale Groupes consultatifs permettant de garder l'attention sur les besoins des industriels Symbioses industrielles comme moteur d'innovation Plateforme de réseautage collaboratif (SYNERGie) Méthodes de gestion de la connaissance Partenariats avec le milieu académique Expérience internationale de l'organisme de gestion du programme	Dépend d'une seule source de financement Financé par un organisme gouvernemental en environnement Le développement durable n'est pas mis de l'avant (mais les indicateurs demandés le rendent implicite) Peu de démarchage auprès des autorités publiques par manque de ressources, mais résultats (ex. : EI dans le document *Roadmap to a Resource Efficient Europe*)

4.3 Synthèse des forces et des faiblesses des projets d'EI

La synthèse des forces et des faiblesses présentées au travers des études de cas présentés préalablement permet d'en faire ressortir sept points :

- Animation;
- Approche auprès des entreprises;
- Méthodes de communication;
- Liens avec les acteurs publics;

- Évaluation des résultats;
- Outils;
- Liens avec le milieu académique.

Cette synthèse permet d'établir les arguments menant aux recommandations qui seront présentées au CTTEI.

4.3.1 Animation

Dans la plupart des projets étudiés (particulièrement Ecopal, Systèmes Durables, NISP, CEIA, COMETHE), l'accent est mis sur le rôle du praticien ou coordonnateur de projet. Son rôle est d'assurer la communication avec les entreprises et instances locales et de maintenir un bon niveau de motivation, de stimuler la communication interentreprises, de recruter de nouvelles entreprises et d'assurer une gestion adéquate de l'information, des projets et de leur confidentialité. Le coordonnateur permet à la fois d'assurer un rôle de trait d'union entre les acteurs publics et privés (ex. : CEIA et COMETHE), ainsi que de guichet unique en écologie industrielle (ex. : COMETHE, Ecopal, NISP). Afin d'être efficaces, les organismes responsables de la coordination font aussi appel à des acteurs locaux présents sur le territoire (ex. : NISP et les bureaux régionaux, Systèmes Durables avec les acteurs publics, Ecopal avec les donneurs d'ordre).

4.3.2 Approche auprès des entreprises

Un aspect important qui ressort de l'analyse des projets d'EI étudiés est l'approche auprès des entreprises. En effet, plusieurs organismes ont choisi d'utiliser des arguments économiques pour stimuler la participation des entreprises. Pour tous les projets, que ce soit en France, en Nouvelle-Écosse ou au Royaume-Uni, environ 95 % des entreprises sont des PME. Indépendamment de l'emplacement géographique des cas étudiés, la raison évoquée pour le choix d'une approche centrée sur les préoccupations d'affaires est que les PME ont des ressources limitées et vont donc être plus intéressées par les arguments touchant leur compétitivité et leur rentabilité (Adoue, 2011a; Côté, 2011; Laybourn, 2011; Ricart, 2011). Des exemples de gains potentiels sont alors présentés par les organismes responsables de la coordination. Ces exemples sont préférablement issus de cas locaux et du même domaine d'activité que l'entreprise à laquelle ils sont adressés (Adoue, 2011a). Le tableau suivant présente quelques exemples d'arguments économiques :

Tableau 4.9 Exemples de gains économiques générés par des projets d'EI

Ecopal	Gain annuel des collectes mutualisées (papier/carton, archives confidentielles, déchets électroniques) : 79 200 € + gain de temps Projets d'efficacité énergétique : potentiel de 94 000 € d'économie pour 11 entreprises grâce à un investissement inférieur à 10 000 € Mutualisation de l'entretien des séparateurs d'hydrocarbures : gain économique de 30 % Achat d'acide sulfurique de substitution : gain de 20 % Substitution de palettes neuves par des palettes usagées : économies de 2700 €
CEIA	Utilisation de matière première secondaire pour la construction de la rocade de Troyes : économie de 420 000 € (voir chapitre 3) Substitution de gaz naturel par des graisses : gain de 100 % en frais d'équarrissage, 30 % en consommation de gaz et une économie de 15 000 euros sur le service de blanchisserie grâce à un investissement de 900 000 € pour une chaudière et 200 000 € pour un service de blanchisserie (voir chapitre 3)
NISP	Synergies qui ont généré 880 millions £ en ventes supplémentaires Synergies qui ont fait épargner plus de 780 millions £ Exemple de la récupération d'acides gras (sous-produit) pour la production de biodiesel : investissement initial de 1 million £ pour 5 millions de ventes additionnelles sur 2 ans (Brockelsby Ltd.) Exemple de la récupération de retailles de plastiques destinées à l'enfouissement : économies annuelles de 25 000 £ (Sekisui Alveo)

Compilation d'après Lannou, 2011; Ecopal, 2010a; Ecopal, 2010c; Laybourn et Morrissey, 2009; International Synergies, 2011b.

Les ressources limitées des PME font en sorte qu'elles vont privilégier les projets qui ont une répercussion positive sur leur cœur de métier (ex. : substitutions) ou qui vont lui assurer un gain de compétitivité (ex. : mutualisations). Il n'y a cependant pas de consensus concernant le type de synergie à privilégier. Toutefois, tous s'accordent pour dire qu'il est préférable de privilégier les synergies qui peuvent être identifiées et mises en œuvre rapidement. Ainsi, le CEIA adopte une approche plus intuitive pour favoriser ce type de synergies alors que le NISP met en place des sessions de travail regroupant des entreprises de secteurs variés pour faire ressortir des synergies à potentiel de déploiement rapide (*Quick Wins Workshops*). Dans le même ordre d'idées, Ecopal s'assure de centrer ses activités autour des besoins des entreprises en ayant des

représentants corporatifs sur son conseil d'administration. Semblablement, le NISP a mis en place des groupes consultatifs pour garder son attention sur les besoins des industriels.

4.3.3 Méthodes de communication

La communication est un élément primordial de l'animation territoriale. En effet, l'objectif de l'animation est de stimuler l'intérêt, la participation et la motivation des participants. Pour ce faire, l'organisme responsable de l'animation doit entretenir une communication intensive et régulière auprès des entreprises (Schalchli, 2011) et stimuler la communication interentreprises (Adoue, 2011a). Ces communications doivent jumeler les interventions formelles et informelles (Lannou, 2011; Schalchli, 2011). En effet, la communication informelle a également son rôle à jouer puisque les relations de connaissance ou d'amitié entre les individus peuvent jouer un rôle important dans le développement de relations entre leurs compagnies respectives et dans le développement de synergies industrielles (Lannou, 2011; Lombardi et Laybourn, 2007).

De plus, un élément commun au plus grand nombre est la création de partenariats avec des acteurs locaux afin de joindre plus efficacement et avec plus de crédibilité les entreprises. Ainsi, Ecopal convainc les grandes entreprises qui sont des donneurs d'ordre pour les PME locales, ce qui crée un incitatif pour ces fournisseurs à joindre Ecopal. Systèmes Durables prépare une formation auprès des acteurs locaux publics qui agissent comme leaders d'opinion auprès des entreprises. Ceci favorise d'autant une volonté politique locale forte, ce qui constitue un atout pour la réussite du projet (Adoue, 2011a). Le NISP utilise une approche locale en ayant des bureaux régionaux qui connaissent bien les préoccupations des entreprises locales. Ensuite, les entreprises qui adhèrent aux projets d'écologie industrielle créent un effet d'entraînement auprès des entreprises environnantes, surtout si la communication interentreprises est bien implantée. Par exemple, le recrutement de nouvelles entreprises se fait dorénavant principalement par bouche-à-oreille chez Ecopal (Ricart, 2011), de même que pour le NISP (Laybourn, 2011). Finalement, un des éléments importants à mettre de l'avant lors de la communication avec les entreprises est le respect de la confidentialité afin de créer un climat de confiance et d'écoute (Ricart, 2011).

4.3.4 Liens avec les acteurs publics

En ce qui concerne le financement, tous les projets étudiés recevaient un financement public, du gouvernement ou des communautés locales, au moins en partie. Ceci permettait d'alléger ou d'abolir les cotisations demandées aux entreprises, frais qui sont souvent identifiés comme un frein à leur adhésion (Côté, 2011). Cependant, pour assurer la pérennité des projets, il faut également assurer la pérennité du financement. Par exemple, le projet *Industrial Ecosystem Development* qui s'est déroulé en Caroline du Nord (voir chapitre 3) a pris fin lors de l'arrêt du financement public. Cette pérennité du financement peut être encouragée par une démonstration de retour sur investissement pour le bailleur de fonds. Par exemple, le NISP a réussi à démontrer un retour sur investissement des fonds publics investis dans le programme en Angleterre (27 650 000 £, soit 44 200 000 $) comme le démontre le Tableau 4.10.

Tableau 4.10 Investissements requis par le NISP d'avril 2005 à mars 2010

Bénéfices générés grâce au NISP	**Investissement du NISP**	**Amortissement**	
	Actuellement	**Scénario 1***	**Scénario 2***
1 $ en nouveaux revenus pour l'industrie	2 ¢	0,7 ¢	0,4 ¢
1 $ d'économie pour l'industrie	3 ¢	0,8 ¢	0,5 ¢
1 tonne de matériaux vierges économisés	66 ¢	23 ¢	13 ¢
1 tonne d'eau économisée	66 ¢	23 ¢	13 ¢
1 tonne de CO2 évitée	105 ¢	36 ¢	21 ¢
1 tonne de matières détournées de l'enfouissement	91 ¢	31 ¢	18 ¢
1 tonne de matières dangereuses résiduelles éliminée	17,63 $	5,88 $	3,52 $

*Scénario 1 : effet de persistance avec une réduction de 20 % par année

*Scénario 2 : effet de persistance avec une réduction de 0 % par année

Tiré de Laybourn et Morrissey, 2009, p. 10

Ainsi, le NISP a investi en moyenne 2 ¢ pour chaque dollar de revenus neufs générés par les projets de symbioses industrielles, ce qui s'amortit au coût de 0,7 ¢ dans le scénario 1 et de 0,4 ¢ dans le scénario 2. De plus, un rapport sur la valeur des retombées

économiques du NISP a été publié par un organisme indépendant (Manchester Economics) pour ajouter à la crédibilité des informations présentées.

Outre le financement des projets, des liens forts avec les acteurs publics permettent d'accroître la visibilité de l'écologie industrielle. En effet, le CEIA, qui a une démarche de réflexion, utilise les résultats des projets d'EI réalisés afin d'en démontrer la pertinence pour le développement du territoire auprès des instances locales. Par exemple, la synergie liée au projet des sables de betteraves a favorisé l'acceptation de matières premières secondaires (synergies de substitution) dans l'appel d'offres pour la construction de la voie de contournement (rocade) de Troyes (Lannou, 2011). De même, la communication intensive entourant le projet COMETHE a accru l'ouverture et l'intérêt des collectivités et des organismes publics pour l'EI. Par exemple, l'EI pourrait plus généralement devenir un critère, ou du moins, être incluse dans les appels d'offres publics (Schalchli, 2011).

4.3.5 Évaluation des résultats

Dans les cas étudiés, l'évaluation des projets se fait de façon différente pour chacun. Par exemple, Systèmes Durables développe des indicateurs selon les objectifs des projets déployés. L'*Eco-efficiency Centre* de Burnside effectue un suivi des recommandations posées six mois après l'audit effectué pour l'entreprise. La plupart des organismes rencontrés ont signalé que l'obtention des données était très ardue, ce qui limitait l'évaluation des projets. Seul le NISP possède une méthode d'évaluation structurée. En effet, le NISP a développé des indicateurs économiques, environnementaux et sociaux qui doivent être évalués pour chaque projet. Afin de s'assurer d'obtenir toutes les données, le NISP a instauré une obligation contractuelle pour les entreprises d'évaluer les indicateurs de projet prédéfinis en échange de la gratuité des services du programme. Ensuite, ces données sont vérifiées par un auditeur externe, ce qui permet d'obtenir des données crédibles qui permettent de justifier la pertinence du programme auprès des entreprises et des financeurs. Cette méthode rigoureuse devient alors un atout pour obtenir ou préserver des sources de financement, pour recruter des entreprises et plus globalement, pour démontrer la pertinence de l'écologie industrielle (Laybourn, 2011).

4.3.6 Outils

Pour identifier de nouvelles synergies, deux techniques se démarquent. Premièrement, il y a la collecte systématique de tous les flux d'une entreprise qui adhère au projet (ex. :

Systèmes Durables, projet COMETHE, Ecopal, NISP). Deuxièmement, il y a une approche moins rigide où les entreprises participent à une session de travail pour discuter de leurs besoins, ce qui permet d'identifier des pistes de synergies qui ont déjà un niveau élevé d'intérêt pour les entreprises (ex. : NISP, CEIA). Toutefois, l'information n'est habituellement pas complète après cette seule session. Une collecte de flux plus systématique peut ensuite pallier ce manque de données.

Cependant, la quantité d'information générée doit être gérée de manière efficiente afin d'assurer la bonne marche du projet. Une telle gestion de l'information (ex. : flux) et des projets diffère selon les organisations. Tous utilisent un outil électronique adapté à leurs besoins et souvent développé à l'interne (ex. : base de données). Toutefois, un tel outil doit être conçu pour évoluer dans le temps afin de pouvoir gérer la complexité liée à un plus grand nombre d'adhérents (Laybourn, 2011). Ainsi, des logiciels comme Prestéo et SYNERGie, qui ont tous deux subi une refonte dernièrement, sont à privilégier. Dans le cas de SYNERGie, sa version antérieure était ouverte à tous les membres ce qui a été modifié pour permettre un accès seulement aux praticiens afin de préserver la qualité des données (voir chapitre 3). Par contre, tous les organismes s'accordent pour dire que ces logiciels doivent demeurer un moyen et non une fin pour les projets.

De plus, puisque la démarche repose principalement sur des individus (praticiens ou coordonnateurs), la pérennité des projets nécessite un bon transfert des connaissances et particulièrement une gestion efficace des connaissances tacites. Or, la connaissance tacite comporte quatre caractéristiques principales soit « sa nature personnelle, sa qualité implicite, le fait qu'elle est difficile à codifier et sa pertinence opérationnelle » (Boiral, 2002, p. 296). Par exemple, l'innovation repose sur une approche par essai et erreur dans laquelle les connaissances tacites et les initiatives personnelles du chercheur jouent un rôle clé. Appliquées aux synergies industrielles, les connaissances tacites représentent l'expertise acquise par les praticiens et coordinateurs des démarches pour la mise en œuvre des projets selon les différents contextes. Un atout de l'interface SYNERGie est donc que le NISP peut archiver des guides-directeurs qui concernent la mise en œuvre de certains types de synergies pour favoriser une réplique rapide dans le futur (Laybourn, 2011).

4.3.7 Liens avec le milieu académique

L'innovation est aussi un aspect qui se démarque dans plusieurs démarches et un argument intéressant pour stimuler la compétitivité des entreprises. À cet effet, rappelons que l'étude de l'Université de Birmingham a quantifié à 19,2 % le nombre de projets où une innovation a été intégrée dans les projets de symbioses du NISP qui ont été évalués. Or, la recherche et le transfert technologique sont des éléments essentiels de l'innovation. C'est pourquoi il est important de souligner que la plupart des projets permanents, notamment Ecopal, le CEIA, l'*Eco-Efficiency Centre* et le NISP, ont établi des partenariats avec des institutions universitaires.

4.4 Recommandations pour développer l'EI au Québec

Les projets analysés précédemment ne peuvent être transposés directement au contexte québécois, qui diffère nécessairement des contextes des projets étudiés. Cependant, les éléments prédominants de la synthèse des forces et faiblesses peuvent servir à l'élaboration de recommandations pour le développement de l'EI au Québec.

4.4.1 Assurer une animation de la démarche sur le territoire

Dans tous les cas étudiés, un organisme avait un rôle de coordination de la démarche d'écologie industrielle sur le territoire, de pivot entre les différentes parties prenantes (publiques et privées) et d'animation. Le CTTEI assume déjà ce rôle dans la majorité des projets réalisés (Bécancour, Rivière-du-Loup, Shawinigan, Lanaudière). Dans un premier temps, l'objectif serait alors de généraliser le rôle du CTTEI comme guichet unique réunissant les compétences nécessaires à l'évolution des projets. Ensuite, le but sera de renforcer et de généraliser les associations avec des organismes de développement économique locaux (ex. : CLD) afin que ceux-ci agissent comme relais auprès des entreprises. Des praticiens ou coordonnateurs affiliés au CTTEI pourraient alors être incorporés aux équipes de ces organismes quoique l'articulation exacte de la relation entre ceux-ci et le CTTEI devra être étudiée plus attentivement.

Cependant, le rôle des praticiens ou coordonnateurs affiliés au CTTEI serait d'assurer la communication avec les entreprises, les instances locales et les milieux de recherche en plus de maintenir un bon niveau de motivation, de stimuler la communication interentreprises et d'assurer le recrutement de nouveaux membres. Les praticiens ou

coordonnateurs seraient également garants de la gestion adéquate de l'information, de l'avancement des projets et de leur confidentialité.

4.4.2 Centrer l'approche sur les préoccupations d'affaires

Pour convaincre les entreprises, et particulièrement les PME, la meilleure approche serait de leur parler des stratégies pour améliorer leur compétitivité (St-Pierre et Mathieu, 2006). Puisque l'EI en est encore à ses débuts au Québec, les exemples utilisés pourraient être issus d'initiatives d'entreprises particulières (ex. : Rio Tinto Alcan, voir chapitre 3) ou de projets à petites échelles (ex. : parc agrothermique de St-Félicien, voir chapitre 1) et complétés par des analyses de cas de projets d'envergure internationale tels que ceux présentés dans cet essai. Les cas choisis devront cibler le secteur d'activité des entreprises concernées afin d'être les plus représentatifs possible.

Des sessions de travail devraient être organisées entre les participants afin d'identifier leurs besoins immédiats et ainsi favoriser l'identification et la mise en oeuvre de projets à retombées rapides. De plus, selon la structure qui sera adoptée, une représentation des entreprises devrait être assurée par l'entremise d'une participation sur un conseil d'administration ou grâce à des groupes consultatifs dans le but de toujours centrer les démarches sur les besoins des entreprises.

Afin de stimuler l'adhésion des PME, il serait pertinent de leur offrir des services connexes les aidant dans leur gestion quotidienne (ex. : *Eco-efficiency Centre* de Burnside). Par exemple, un service de suivi réglementaire pourrait les aider à assurer leur conformité au niveau de leur cœur de métier, mais permettrait également de les aider à surmonter les défis réglementaires que pourrait poser la mise en œuvre de synergies.

4.4.3 Mettre en place une communication efficace

Pour arriver à joindre les entreprises et plus particulièrement les PME, une approche par les leaders d'opinion économique est à privilégier. Ceci permettra de donner de la crédibilité à la démarche et de mettre les entrepreneurs en confiance. Ces leaders d'opinion peuvent varier d'un territoire à l'autre. Il peut s'agir de la Ville, du Centre local de développement (CLD) ou de la chambre de commerce, par exemple. L'objectif est de travailler avec ce partenaire local pour stimuler l'adhésion des entreprises au projet et développer un guichet unique pour la démarche (chapeauté par le CTTEI).

La communication avec les entreprises doit être variée. Un plan de communication étoffé devra être produit et adapté à chaque territoire. Cependant, il est impératif d'inclure des voies de communication formelles (ex. : salons, conférences, sessions de travail) et informelles (ex. : déjeuner-conférence, visites d'entreprises) pour stimuler une communication entre l'entreprise et le coordinateur de projet, mais aussi interentreprises. La distribution de l'information à travers les outils électroniques (dématérialisés) et les supports physique (ex. : rencontres, séminaires) favorisera un partage plus approfondi des connaissances, tacites et explicites, et une meilleure mise en relation entre les acteurs. Le processus de la gestion de la confidentialité doit être clair et transparent.

4.4.4 Démarcher auprès des acteurs publics

Le démarchage auprès des acteurs publics devrait faire partie du plan de communication entourant le projet. Dans le contexte actuel, ce type de démarche viserait deux objectifs :

- Obtenir et sécuriser un financement
- Accroître la notoriété de l'EI comme outil de développement afin de favoriser l'intégration de critères adaptés lors d'appels d'offres publiques

Pour convaincre les acteurs publics de financer le projet, il serait pertinent de faire valoir que l'EI s'inscrit avantageusement dans la *Stratégie gouvernementale de développement économique* (MDEIE, 2005) en touchant directement les deux principes suivants :

- Le secteur privé est le moteur du développement économique;
- Le développement économique que vise le Québec s'inscrit dans une perspective de développement durable.

De plus, la mise en valeur de l'EI par rapport à la création d'emplois, au gain de productivité et de compétitivité des entreprises, à la stimulation de l'innovation et au respect du développement durable constitue certainement des arguments de poids en faveur d'un appui financier public, idéalement du MDEIE. Toutefois, une évaluation rigoureuse des résultats de même qu'une démonstration du retour sur investissement pour le gouvernement permettront de justifier l'utilisation des fonds publics et maintenir l'investissement dans le temps.

4.4.5 Implanter des mesures d'évaluation des résultats

La mise en place de moyens d'évaluation des retombées des synergies d'écologie industrielle est primordiale puisque ces données pourront ensuite servir à :

- Convaincre d'autres entreprises à participer à la démarche grâce à des arguments basés sur des faits vérifiés et vérifiables;
- Accroître la crédibilité de la démarche et favoriser l'essor d'autres projets du même genre;
- Sécuriser le versement du financement public en permettant de démontrer un retour sur investissement pour le gouvernement.

Toutefois, la qualité des données récoltées est déterminante. C'est pourquoi il est recommandé, à la manière du NISP, d'établir avec les entreprises un contrat de divulgation des données en début et en fin de projet concernant des indicateurs prédéterminés par le CTTEI et les instances gouvernementales. Ceci favorisera une constance dans le type de données recueillies. De plus, des audits par une firme externe pour vérifier la validité de ces données seront nécessaires afin de renforcer le poids des informations obtenues et la crédibilité du programme. Ces mesures d'évaluation vont nécessiter des investissements supplémentaires, mais les retombées liées aux gains en financement et en notoriété en assureront la pertinence.

4.4.6 Utiliser des outils appropriés

Des outils devront être développés (ou acquis) pour aider les coordonnateurs de projets dans la gestion des informations, de l'avancement des projets et des connaissances. Ces outils doivent permettre la gestion d'informations complexes, être faciles d'utilisation et pouvoir évoluer. À cet effet, des outils basés sur Excel ou Access sont à éviter. Le choix de l'acquisition d'un logiciel existant (dispendieux et risquant de ne pas être adapté au contexte québécois) par rapport au développement d'un nouveau logiciel (dispendieux, consommateur de temps et évolution par essais et erreurs) devra être étudié. Il serait toutefois judicieux d'intégrer à cet outil des éléments permettant de conduire les études de faisabilité pour les différentes synergies (voir chapitre 2) et d'en répertorier les résultats. De plus, la gestion des connaissances tacites devra être intégrée à cet outil afin d'éviter des pertes de connaissance lors du départ d'intervenants de la démarche et pour favoriser la répétition de synergies semblables à celles déjà réalisées plus rapidement. Sans devenir une fin en soi, l'outil sera un moyen de gagner en efficacité et ainsi d'obtenir des retombées positives des projets plus rapidement.

4.4.7 Développer les liens avec le milieu académique

Une approche pratique à la manière des démarches déployées par le NISP et Ecopal auprès des entreprises est essentielle. Toutefois, la recherche est au cœur de l'innovation.

La création de liens solides avec le milieu universitaire stimulera la recherche en écologie industrielle de même que dans des domaines connexes comme la gestion. Évidemment, ceci viendra bonifier la recherche déjà en cours au CTTEI, et non la remplacer. Par ailleurs, il serait pertinent que les intervenants du CTTEI deviennent aussi des vecteurs de diffusion des connaissances en EI. Par exemple, ils pourraient offrir des cours sur l'EI (une séance ou un cours complet) dans le cadre de la maîtrise en Environnement de l'Université de Sherbrooke ou encore au baccalauréat en Administration des affaires des HEC.

CONCLUSION

En conclusion, l'écologie industrielle est une approche multidisciplinaire qui étudie les systèmes pour optimiser la gestion des flux de matière et d'énergie à travers la mise en œuvre de synergies et de mutualisations de ces flux. De façon plus pragmatique, l'EI concerne essentiellement le bouclage des flux d'énergie et de matières puisque d'autres domaines d'expertise, comme l'écoconception des produits et services et l'efficacité énergétique, se sont développés pour aborder des thèmes connexes qui étaient précédemment associés à la définition de l'EI par Suren Erkman. Les synergies mises en place entre des entreprises pour réussir à boucler les flux constituent la quintessence de l'application de l'EI au monde industriel.

Pour mettre en place une telle synergie, plusieurs facteurs de décisions entrent en ligne de compte. D'abord, les motivations qui poussent l'entreprise à amorcer une telle démarche sont internes et/ou externes. Elles concernent des aspects économiques (ex. : réduction des coûts, compétitivité), environnementaux (ex. : règlementation, pression des clients et investisseurs) ou sociaux (ex. : engagement envers la communauté, augmenter la motivation des employés). De plus, le contexte politique (ex. : accords, législation) et économique (ex. : coût de l'énergie, récession) dans lequel évolue l'entreprise joue un rôle sur la décision d'amorcer une démarche d'EI. Lorsque l'entreprise décide de démarrer une démarche, d'autres facteurs doivent être évalués. Ces facteurs sont d'ordre technique, réglementaire et économique afin d'assurer la faisabilité du projet à ces différents niveaux. Pour ce faire, plusieurs outils méthodologiques ou techniques sont disponibles, notamment des outils développés lors du projet COMETHE (méthodologie) et des logiciels qui permettent de gérer des bases de données complexes sur les flux (ex. : Prestéo ou SYNERGie). Cependant, le facteur organisationnel doit également être considéré, et cela, dès le début de la démarche. En effet, l'engagement de la direction, la culture de l'organisation et sa perception de collaborations avec d'autres entreprises jouent un rôle décisif dans la décision de départ d'une démarche d'EI.

Une fois ces critères et facteurs de décision étudiés, une description de cas fructueux d'EI territoriale a favorisé une meilleure compréhension de leur fonctionnement et permis d'en dégager les tendances générales. Toutefois, ce n'est qu'à partir d'entrevues réalisées auprès des intervenants travaillant pour les organisations assurant la coordination sur le territoire qu'une analyse critique, soulignant les forces et les faiblesses du projet par

rapport au contexte québécois, a pu être complétée. De cette analyse a ensuite découlé la rédaction de sept recommandations s'adressant au CTTEI pour le développement de l'EI au Québec, répondant ainsi aux objectifs initiaux de l'essai. Ces recommandations sont :

1. Assurer une animation de la démarche sur le territoire
2. Centrer l'approche sur les préoccupations d'affaires
3. Mettre en place une communication efficace
4. Démarcher auprès des acteurs publics
5. Implanter des mesures d'évaluation des résultats
6. Utiliser des outils appropriés
7. Développer les liens avec le milieu académique

Au-delà de cet objectif de rédiger des recommandations pour le CTTEI, ce travail pourrait également être consulté par des représentants gouvernementaux, particulièrement d'organes affiliés au ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE). En effet, la tendance généralisée est d'utiliser des arguments économiques, plutôt qu'environnementaux pour convaincre les entreprises d'adhérer à des démarches d'EI. Comme le démontrent les résultats du NISP au Royaume-Uni, une approche centrée sur l'économie apporte tout de même des gains environnementaux et sociaux significatifs. Une bonne compréhension de l'EI et de son potentiel par le MDEIE pourrait stimuler un financement public. L'évaluation des résultats, telle que proposée à la cinquième recommandation, permettrait alors de justifier ce financement tout en accumulant des arguments pour le recrutement d'entreprises supplémentaires.

RÉFÉRENCES

Adoue, C. (2011a). Discussion sur l'écologie industrielle pour Systèmes Durables. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Cyril Adoue, directeur de Systèmes Durables,* 30 septembre 2011, Montréal.

Adoue, C. (2011b). *Écologie industrielle: Formation à la recherche de synergies.* Unpublished manuscript.

Adoue, C. (2007). *Mettre en oeuvre l'écologie industrielle.* Presses Polytechniques et universitaires romandes édition, Lausanne, 106 p.

Anonyme (2011). Les énergies renouvelables. *In* EklaWeb. *La Montagne,* [En ligne]. http://31g6vt1011.eklablog.com/les-energies-renouvelables-a3707764 (Page consultée le 2 septembre 2011).

Ayres, R.U. et U.E. Simonis (1995). *Industrial Metabolism. Restructuring for Sustainable Development.* Tokyo, United Nations University, 376 p.

Bansal, P. et Roth, K. (2000). Why Companies Go Green: A Model of Ecological Responsiveness. *Academy of Management Journal,* vol. 43, n° 4, p. 717-736.

Bernardin, G (2011). Discussion sur l'écologie industrielle à Holcim Canada. Communication orale. *Entrevue menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Gilles Bernardin, directeur développement des affaires - matières et combustibles alternatifs,* 7 septembre 2011, Joliette.

Boiral, O. (2004). Environnement et économie: une relation équivoque. *VertigO - La revue en sciences de l'environnement,* vol. 5, n° 2, p. 8.

Boiral, O. (2002). Tacit Knowledge and Environmental Management. *Long Range Planning Journal,* vol. 35, p. 291-317.

Boiral, O. et Croteau, G. (2001). Développement durable et synergie des sous-produits au Québec. *Nouvelles tendances en management,* vol. 3, n° 2, p. A1-A2.

Bourg, D. et Erkman, S. (2003). *Perspectives on Industrial Ecology.* Greenleaf Publishing édition, Sheffield, Greenleaf Publishing, 356 p.

Brings Jacobsen, N. (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 10, n° 1-2, p. 239-255.

Brullot, S. (2011a). *Introduction à l'écologie industrielle: Enjeux et principes.* Unpublished manuscript.

Brullot, S. (2011b). *Retours d'expérience en france et dans le monde.* Unpublished manuscript.

Brullot, S. (2009). *Mise en oeuvre de projets territoriaux d'écologie industrielle en France : vers un outil méthodologique d'aide à la décision.* Doctorat, Université de technologie de Troyes, Troyes, 427 p.

CEIA (2008). Qu'est-ce que l'écologie industrielle. *In* Grégory Lannou. *Club d'écologie industrielle de l'Aube (CEIA),* [En ligne]. http://www.ceiaube.fr/04_ei.htm (Page consultée le 15 juillet 2011).

Cellier, F.G. (2011). Un parc agrothermique à Saint-Félicien. *In* Transcontinental. *Portail Constructo,* [En ligne]. http://www.portailconstructo.com/actualites/parc_agrothermique_saint_felicien (Page consultée le 15 juillet 2011).

Centre de ressource du développement durable (2010). Inventaire des Flux industriels de matières (ECOPAL): les résultats. *In* CERDD. *Portail du développement durable des acteurs du Nord-Pas-de-Calais,* [En ligne]. http://www.cerdd.org/spip.php?article2849 (Page consultée le 20 septembre 2011).

Consortium ARPEGE (2009). *Atelier de réflexion prospective sur l'écologie industrielle.* Troyes (France), Agence nationale de la recherche, 212 p.

Côté, R. (1997). Industrial ecosystems: evolving and maturing. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 2, n° 1, p. 9-11.

Côté, R. (2011). Discussion sur les actions et projets de l'Eco-efficiency Centre de Burnside et sur l'écologie industrielle. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Raymond Côté, professeur à l'Université Dalhousie et responsable de l'Eco-efficiency Centre,* 28 septembre 2011, Montréal.

Côté, R., Booth, A. et Louis, B. (2005). Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production,* vol. 14, p. 542-550.

Côté, R. et Cohen-Rosenthal, E. (1998). Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. *Journal of Cleaner Production,* vol. 6, p. 181-188.

Côté, R. et Hall, J. (1995). Industrial Parks as Ecosystems. *Journal of Cleaner Production,* vol. 3, n° 1-2, p. 41-46.

CTTEI (s.d.). Introduction à l'écologie industrielle. *In* Eklyps Solutions Interactives. *Centre de transfert technologique en écologie industrielle,* [En ligne]. http://www.cttei.qc.ca/ei_introduction.php (Page consultée le 07/15 2011).

Dalhousie University (2011). Eco-Efficiency Center: Fostering Sustainable Competitiveness in Business. *In* Dalhousie University. *Dalhousie University: Faculty of Management,* [En ligne]. http://eco-efficiency.management.dal.ca (Page consultée le 10 septembre 2011).

Dalhousie University (2009). By-Product Inventory Mapping. *In* Dalhousie University. *Faculty of Management: Eco-Efficiency Centre,* [En ligne]. http://eco-

efficiency.management.dal.ca/Past%20Research/Past_Research/Industrial_Ecology.php (Page consultée le 29 septembre 2011).

De Rosnay, J. (1975). *Le Macroscope: vers une vision globale.* Éditions du Seuil édition, Paris, 305 p. (Collection Points Essais).

Diemer, A. et Labrune, S. (2007). L'écologie industrielle : quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable. *In* Réseau. Développement durable et territoires fragiles. *Développement durable et territoires,* [En ligne]. http://developpementdurable.revues.org/4121 (Page consultée le 6 juillet 2011).

Duret, B. (2004). *Premiers retours d'expérience en écologie industrielle: études de cas en Europe et en Amérique du Nord.* CREIDD édition, Troyes (France), Auxilia, 60 p.

Ecobizup (2011). Définition de l'écoconception. *In* Wordpress. *Ecobizup: l'influence de l'écoconception,* [En ligne]. http://ecobizup.com/definition-eco-conception/ (Page consultée le 2 septembre 2011).

Ecopal (2010a). Ecopal en actions: de l'animation de la ZI des Synthe à l'échange de flux entre entreprises. *In* Ricart, P., (p. 1-31), Dunkerque, 25 mars 2010. Dunkerque, Ecopal.

Ecopal. (2010b). *Rencontre ecopal / partenaires du 22 septembre 2010.* Unpublished manuscript.

Ecopal (2010c). *Les témoignages.* Ecopal édition, Dunkerque, p. 1.

Egri, C.R. et Herman, S. (2000). Leadership in the North American Environmental Sector : Values, Leadership Styles, and Contexts of Environmental Leaders and their Organizations. *Academy of Management Journal,* vol. 43, n° 4, p. 571-604.

Ehrenfeld, J. et Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 1, n° 1, p. 67-79.

Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle: comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle.* 2e édition, Paris, Éditions Charles Léopold Mayer, 252 p.

Flahaut, D. (2011). Discussion sur l'écologie industrielle chez Veolia SE. Communication orale. *Entrevue menée par Mariane Maltais-Guilbault avec David Flahaut, directeur des affaires environnementales pour Veolia Canada*, 7 septembre 2011, Pointe-aux-Trembles.

Frosch, R. (1995). L'écologie industrielle du XXe siècle. *Pour la science,* n° 217, p. 148-151.

Frosch, R.A. et Gallopoulos, N.E. (1989). Strategies for Manufacturing. *Scientific American,* vol. 261, n° 3, p. 144-152.

Giraud, V., Michelin, F., & Vedrenne, E. (2011). *L'EIT en france.* Unpublished manuscript.

Goodman, D. (2011). EU Comparision: Only in Danemark is more expensive than electricity in Germany. *In* Anonyme . *Economics NewsPaper.com,* [En ligne]. http://economicsnewspaper.com/policy/german/eu-comparison-only-in-denmark-is-more-expensive-than-electricity-in-germany-38896.html (Page consultée le 6 septembre 2011).

Graedel, T.E. (1996). On the concept of industrial ecology. *Annual Review of Energy and the Environment,* vol. 21, p. 69-98.

Grant, G.B., Seager, T.P., Massard, G. et Nies, L. (2010). Information and Communication Technology for Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 14, n° 5, p. 740-753.

Hashimoto, S., Fujita, T., Geng, Y. et Nagasawa, E. (2010). Realizing CO2 emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki. *Resources, Conservation and Recycling,* vol. 54, p. 704-710.

ifu Hamburg (2011). Umberto 5. *In* ifu Hamburg. *Experts in Efficiency - Efficiency Leads to Success,* [En ligne]. http://www.umberto.de/en/functions/ (Page consultée le 7 septembre 2011).

International Synergies (2011a). Capabilities. *In* EDGE Creative. *International Synergies: industrial ecology solutions,* [En ligne]. http://www.international-synergies.com/capabilities/ (Page consultée le 8 octobre 2011).

International Synergies (2011b). National Industrial Symbiosis Programme. In EDGE Creative. International Synergies: industrial ecology solutions, [En ligne]. http://www.international-synergies.com/projects/europe/national-industrial-symbiosis-programme-nisp/ (Page consultée le 14 octobre 2011).

Jensen, P.D., Basson, L., Hellawell, E.E., Railey, M.R. et Leach, M. (2011). Quantifying "geographic proximity": Experiences from the United Kingdom's National Industrial Symbiosis Programme. *Resources, Conservation and Recycling,* vol. 55, p. 703-712.

Kincaid, J. (1999). *Industrial Ecosystem Development Project Report.* Research Triangle Park, Caroline du Nord, États-Unis, Triangle J Council of Governments, 98 p.

King, A.A. et Lenox, M.J. (2002). Exploring the Locus of Profitable Pollution Reduction. *Management Science,* vol. 48, n° 2, p. 289-299.

Lannou, G. (2011). Discussion sur l'écologie industrielle. Communication orale. *Entrevue par Skype menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Grégory Lannou, coordinateur du Club d'écologie industrielle de l'Aube,* 26 septembre 2011, Montréal.

Laurens, E., Laroche, O., Maltais-Guilbault, M., & Scrive, G. -. (2010). *Évaluation de voies de réemploi des abrasifs.* Unpublished manuscript.

Laybourn, P. (2011). Discussion sur le National Industrial Symbiosis Programme du Royaume-Uni. Communication orale. *Entrevue par Skype menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Peter Laybourn, créateur et directeur de programme du NISP,* 30 septembre, Montréal.

Laybourn, P. (26 octobre 2011). *Substitution vs. aggregation.* Courrier électronique à Courriel à Mariane Maltais-Guilbault, adresse destinataire : mariane.maltais@gmail.com

Laybourn, P. et Morrissey, M. (2009). *National Industrial Symbiosis Programme: The Pathway to a Low Carbon Sustainable Economy.* Birmingham, International Synergies, 92 p.

Lifset, R. (1997). A metaphor, a field and a journal. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 1, n° 1, p. 1-3.

Loi sur la qualité de l'environnement, L.R.Q., c. Q-2.

Lombardi, L. et Laybourn, P. (2007). Industrial Symbiosis in Action. *In* Lombardi, L. et Laybourn, P.(.)., *Report on the Third International Industrial Symbiosis Research Symposium* (p. 1-92), F&ES Publication Series, Birmingham, 5-6 août 2006. New Haven, Connecticut, États-Unis, Yale School of Forestry & Environmental Studies.

Maheux-Picard, C. (2009). Synergie des sous-produits à Bécancour. *In* Vaugeois, C., *Synergie des sous-produits à Bécancour* (p. 1), Conférence internationale en écologie industrielle, Construire le futur aujourd'hui, 3e édition, Sorel-Tracy, 10/15. http://www.cttei.qc.ca/conf_actes3e_bloc4_2.php, Centre de transfert technologique en écologie industrielle.

Mathews, J.A. et Tan, H. (2011). Progress Toward a Circular Economy in China: The Drivers (and Inhibitors) of Eco-Industrial Initiative. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 15, n° 3, p. 435-457.

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2011). Prix de l'électricité. *In* Gouvernement du Québec. *Gros plan sur l'énergie,* [En ligne]. http://www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/statistiques/statistiques-energie-prix-electricite.jsp (Page consultée le 6 septembre 2011).

Ministère des Travaux publics et Services gouvernementaux (2010). Importance des PME - Petites et moyennes entreprises. *In* TPSGC. *Travaux publics et Services gouvernementaux Canada,* [En ligne]. http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/app-acq/pme-sme/importance-fra.html (Page consultée le 8 octobre 2011).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2011a). Politique québécoise de gestion des matières résiduelles: plan d'action 2011-2015. *In* Gouvernement du Québec. *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles,* [En ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/plan-action.pdf (Page consultée le 20 juillet 2011).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2011b). Projet de loi n°88 : Loi modifiant la Loi sur la qualité de l'environnement concernant la gestion des matières résiduelles et modifiant le Règlement sur la compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles. *In* Assemblée nationale du Québec. *Assemblée nationale du Québec,* [En ligne]. http://www.assnat.qc.ca/fr/travaux-parlementaires/projets-loi/projet-loi-88-39-1.html (Page consultée le 21 juillet 2011).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2009). Allier économie et environnement Québec lance une nouvelle politique de gestion des matières résiduelles. *In* Gouvernement du Québec. *Communiqué de presse, 1589, 16 novembre,* [En ligne]. http://www.mddep.gouv.qc.ca/infuseur/communique.asp?no=1589 (Page consultée le 21 juillet 2011).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2008). *Plan d'action 2006-2012: Le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir.* Québec, Gouvernement du Québec, 48 p.

Ministère du Développement économique, Innovation et Exportation (2008). *Pour un Québec vert et prospère - Stratégie de développement de l'industrie québécoise de l'environnement et des technologies vertes.* Québec, Gouvernement du Québec, 24 p.

Ministère du Développement économique, Innovation et Exportation (2005). *L'Avantage québécois: Stratégie gouvernementale de développement économique.* Québec, MDEIE, 23 p. (Collection Briller parmi les meilleurs).

Mirata, M. (2005). *Industrial Symbiosis: A tool for more sustainable regions?* Thèse de doctorat, Lund University, Lund, Suède, 122 p.

Mirata, M. et Emtairah, T. (2005). Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme. *Journal of Cleaner Production,* vol. 13, p. 993-1002.

Moriguchi, Y. (2000). Industrial Ecology in Japan. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 4, n° 1, p. 7-9.

Murphy, J.T. (2006). Building trust in economic space. *Progress in Human Geography,* vol. 30, n° 4, p. 427-450.

Newkirk, M., Sappé, R., Morikawa, M. et Gordon, N. (2009). Journal of Industrial Ecology. *In* Yale School of Forestry and Environmental Studies. *Journal of Industrial Ecology,* [En ligne]. http://www.yale.edu/jie/ (Page consultée le 15 juillet 2011).

NISP (2011a). National Industrial Symbiosis Programme. *In* International Synergies. *National Industrial Symbiosis Programme,* [En ligne]. www.nisp.org.uk (Page consultée le 7 septembre 2011).

NISP (2011b). Methodology: IS practitioners facilitate all stages of a synergy. Communication orale. *Document fourni par Peter Laybourn, directeur de programme du NISP, suite à une discussion téléphonique avec Mariane Maltais-Guilbault,* 13 octobre 2011, Montréal.

O'Rourke, D., Connelly, L. et Koshland, C.-. (1996). Industrial ecology: a critical review *International Journal of Environment and Pollution,* vol. 3, n° 2/3, p. 89-112.

Office national de l'énergie (2008). La consommation d'énergie dans l'industrie au Canada: Nouvelles tendances. *In* ONÉ. *Office national de l'énergie,* [En ligne]. http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmtn/nrgyrprt/nrgdmnd/ndstrlnrgscnd2010/ndstrlnrgscnd-fra.html (Page consultée le 21 juillet 2011).

Orée (2009). Une dynamique environnementale au service des territoires. *In* Aléaur. *Association Orée: Entreprises, territoires et environnement,* [En ligne]. www.oree.org (Page consultée le 2 septembre 2011).

Organisation internationale de normalisation (2004a). *Système de management environnemental - Exigences et lignes directrices pour son utilisation.* 2e édition édition, Genève, ISO, 23 p. (14001).

Organisation internationale de normalisation (2004b). *Système de management environnemental - Lignes directrices générales concernant les principes, les systèmes et les techniques de mise en oeuvre.* 2e édition édition, Genève, ISO, 39 p. (14004).

Projet COMETHE (s.d.). L'Écologie industrielle. *In* Eutech SSII et Home Sweet Com. *Conception d'Outils METhodologie et d'evaluation pour l'Écologie industrielle,* [En ligne]. http://www.comethe.org/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=85 (Page consultée le 15 juillet 2011).

Projet COMETHE (2011). Méthodologie et outils. *In* Orée. *Conception d'outils méthodologiques et d'évaluation pour l'écologie industrielle,* [En ligne]. http://www.comethe.org/ (Page consultée le 6 septembre 2011).

Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles, L.R.Q., c. Q-2, r. 43.

Ricart, P. (2011). Discussion au sujet de la démarche d'Ecopal. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Peggy Ricart, directrice à la coordination des projets,* 6 octobre 2011, Montréal.

Schalchli, P. (2011). Discussion sur le projet COMETHE. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Mariane Maltais-Guilbault avec Paul Schalchli, coordonnateur du projet COMETHE pour Orée,* 29 septembre, Montréal.

Schillewaert, C. (2011). Nos partenaires. *In* Arexpo. *Ecopal: Économie et écologie partenaires dans l'action locale,* [En ligne]. http://www.ecopal.org/index.php (Page consultée le 15 juillet 2011).

Seager, T.P. et Theis, T.L. (2002). A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology. *Journal of Cleaner Production,* vol. 10, p. 225-235.

Shi, H. (2003). Industrial Ecology in China, Part I. *Journal of Industrial Ecology,* vol. 6, n° 3-4, p. 7-11.

Starlander, J.-. (2003). *Industrial Symbiosis: A Closer Look on Organisational Factors.* Mémoire de maîtrise, Université de Lund, Lund, Suède, 110 p.

Sterr, T. et Ott, T. (2004). The industrial region as a promising unit for eco-industrial development - reflexions, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. *Journal of Cleaner Production,* vol. 12, p. 947-965.

St-Pierre, J. et Mathieu, C. (2006). *Enquête sur les attentes et préoccupations des dirigeants d'entreprises du Québec présentée à Développement économique Canada.* Laboratoire de recherche sur la performance des entreprises édition, Trois-Rivières, p. 51.

Systèmes Durables (s.d.). Écologie industrielle. *In* Anonyme . *Systèmes Durables,* [En ligne]. http://www.systemes-durables.com/spip/spip.php?article3 (Page consultée le 15 juillet 2011).

Technocentre en écologie industrielle (2011). Actualités. *In* Page Cournoyer. *Technopole en écologie industrielle,* [En ligne]. http://www.technopole-ei.com/tei-actualites/mai-2011 (Page consultée le 19 juillet 2011).

Technocentre en écologie industrielle et CTTEI (2011). Transformer les résidus industriels en argent : Octroi d'une subvention pour le transfert de compétences France-Québec. *In* CNW Group Ltd. *CNW, 18 avril,* [En ligne]. http://www.newswire.ca/en/releases/archive/April2011/18/c4493.html (Page consultée le 21 juillet 2011).

Texyloop (2009). Ici on recycle les bâches d'hier et on produit les matières de demain. *In* Groupe Ferrari. *Texyloop: Recyclage de textiles,* [En ligne]. http://www.texyloop.com/boucle-recyclage.php (Page consultée le 2 septembre 2011).

Tranchant, C., Vasseur, L., Ouattara, I. et Vanderlinden, J.-. (2004). Colloque "Développement durable: leçons et perspectives". *In* Francophonie-Durable.org, *L'écologie industrielle : une approche écosystémique pour le développement durable* (p. 1-8), Ouagadougou, 1-4 juin.

Tremblay, C (2011). Discussion sur les innovations environnementales de Rio Tinto Alcan. Communication orale. *Entrevue téléphonique menée par Mariane Maltais-Guilbault*

avec Claude Tremblay, coordonateur HSEQ pour Rio Tinto Alcan, 25 septembre 2011, Montréal.

Union européenne (2011). Environnement: protéger, préserver et améliorer le monde qui nous entoure. *In* Anonyme . *Europea: le portail de l'Union européenne,* [En ligne]. http://europa.eu/pol/env/index_fr.htm (Page consultée le 6 septembre 2011).

Vendette, N. et Côté, V. (2008). *L'écologie industrielle en 42 mots.* Centre de transfert technologique en écologie industrielle édition, Sorel-Tracy, 64 p.

World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future.* Oxford University Press édition, Oxford, A/42/427, p. 400.

BIBLIOGRAPHIE

ACCORD (a). Production d'un déglaçant écologique à partir de sous-produits métallurgiques. *In* CTTEI. *Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI)*, [En ligne]. http://www.cttei.qc.ca/documents/MONTEREGIE_DEGLACANT.pdf (Page consultée le 11 juillet 2011).

ACCORD (b). Synergie des sous-produits. *In* CTTEI. *Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTEI)*, [En ligne]. http://www.cttei.qc.ca/documents/CENTRE_SYNERGIE.pdf (Page consultée le 11 juillet 2011).

ARPEGE (2009). Atelier de réflexion prospective sur l'écologie industrielle. *In* ANR. *Agence nationale de recherche*, [En ligne]. http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/user_upload/documents/DPC/2011/ARP_2006_ARPEGE_Rapport-final_2009.pdf (Page consultée le 6 septembre 2011).

Bour, E., Dubois, A., Payet-Burin, A., & Raillard, L. (2011). *Modélisation systémique de la démarche d'écologie industrielle*. Unpublished manuscript.

Code de construction, L.R.Q., c. B-1.1, r. 0.01.01.

Code de gestion des pesticides, L.R.Q., c. P-9.3, r. 0.01.

Code de sécurité, L.R.Q., c. B-1.1, r. 0.01.01.1.

Couailler, A., Piquemal, C., & Ferracci, F. (2011). *L'écologie industrielle et territoriale dans le monde : Définition de critères de qualification*. Unpublished manuscript.

David, S., Ménard, C., & Simard, M. (2011). *Vers une reconnaissance officielle des démarches d'écologie industrielle et territoriale en France*. Unpublished manuscript.

Ehrenfeld, J. (2004). Industrial ecology: a new field or only a metaphor? *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, p. 825-831.

Erkman, S. (1997). Industrial ecology: an historical view. *Journal of Cleaner Production*, vol. 5, n° 1-2, p. 1-10.

Korhonen, J. (2004). Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, vol. 12, p. 809-823.

Loi canadienne sur la protection de l'environnement, L.C., ch. 33.

Loi sur le transport des marchandises dangereuses, L.C., ch. 34.

Loi sur les pêches, L.R.C., c. F-14.

Loi sur les matières dangereuses, L.R.Q., c. Q-2, r.32.

Loi sur les produits pétroliers, L.R.Q., ch. P-30.01.

Lowe, E.A. et Evans, L.K. (1995). Industrial ecology and industrial ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, vol. 3, n° 1-2, p. 47-53.

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (s.d.). Le Grenelle Environnement. *In* MEDDTL. *Le Grenelle Environnement*, [En ligne]. www.legrenelle-environnement.fr (Page consultée le 2 septembre 2011).

Parc industriel de la Plaine de l'Ain (s.d.). Parc industriel de la Plaine de l'Ain: Pôle d'attraction. *In* Native Communications. *Parc industriel de la Plaine de l'Ain*, [En ligne]. http://www.plainedelain.fr (Page consultée le 6 septembre 2011).

Projet EITANS. (2011). *Questionnaire - document de travail (version du 13 juillet 2011)*. Unpublished manuscript.

Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement, L.R.Q., c. Q-2, r.3.

Règlement sur l'application de l'article 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement, L.R.Q., c. Q-2, r.2.

Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés, L.R.Q., c. Q-2, r. 18.

Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles, L.R.Q., c. Q-2, r. 19.

Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées, L.R.Q., c. Q-2, r. 22.

Règlement sur la compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles, L.R.Q., c. Q-2.

Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère, L.R.Q., c. Q-2, r.15.

Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains, L.R.Q., c. Q-2, r. 37.

Règlement sur la qualité de l'atmosphère, L.R.Q., c. Q-2, r. 38.

Règlement sur la qualité de l'eau potable, L.R.Q., c. Q-2, r. 40.

Règlement sur la récupération et la valorisation des huiles usagées, des contenants d'huile ou de fluide et des filtres usagés, L.R.Q., c. Q-2, r.42.

Règlement sur le captage des eaux souterraines, L.R.Q., c. Q-2, r. 6.

Règlement sur le débit de distribution de l'essence et de ses mélanges, D.O.R.S., 43.

Règlement sur le domaine hydrique de l'État, R.R.Q., c. R-13, r. 1.

Règlement sur le stockage et les centres de transfert de sols contaminés, L.R.Q., c. Q-2, r. 46.

Règlement sur les lieux d'élimination de neige, L.R.Q., c. Q-2, r. 31.

Règlement sur les normes environnementales applicables aux véhicules lourds, L.R.Q., c. Q-2, r. 33.

Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone, D.O.R.S., 99-7.

Règlement sur les systèmes de stockage de produits pétroliers et de produits apparentés, D.O.R.S., 197.

Règlement sur les urgences environnementales, D.O.R.S., 307.